



日本中央競馬会  
特別振興資金助成事業

ISSN 1344-1744

# 畜産環境技術研究所年報

第8号  
(平成16年度)



財団法人 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所

## まえがき

今日、畜産物は国民生活に欠くことのできない存在となり、その生産を担うわが国の畜産業には将来にわたって持続的に発展することが求められております。そのためには、生産性の向上や高品質畜産物の生産と併せて、家畜ふん尿の適切な処理・利用を図ることにより、畜産に起因する悪臭、水質汚染防止等の畜産環境問題に的確に対応することがきわめて重要な課題となっております。

畜産環境整備機構は、財団法人全国競馬・畜産振興会の助成を受けて、平成8年7月に福島県西郷村の農林水産省家畜改良センター（現：独立行政法人家畜改良センター）用地を借用し、同敷地内に畜産環境技術研究所を設立して、畜産環境保全問題に的確に対処するための研究開発活動を開始致し、これまで現場に近い課題に取り組み成果を上げてきました。

主な成果としては、メタン発酵の効率化およびその消化液の低コスト処理技術を開発し、養豚農家で実証中であります。また、堆肥熟度判定器「コンポテスター」の開発により堆肥腐熟度の数量化が可能になりました。さらに、低蛋白質飼料と繊維質飼料の組み合わせ給与による尿中窒素排せつ量と豚舎からのアンモニア揮散量の大幅低減技術の開発に取り組み、最近では、尿中窒素排せつ量の低減により、汚水処理ランニングコストが3～4割低減される見通しが得られました。

平成16年度は、平成12年度から始まった「簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業」の最終年度として、道府県等に設置した簡易低コスト開発・実証施設の調査のほか、家畜排せつ物を効果的に処理している全国の事例を調査し、研究所のホームページで紹介するとともに、全国の堆肥センター等の堆肥の品質実態調査を実施しました。

さらに、平成15年度から開始した「畜産環境技術開発普及事業」では、畜産農家が処理施設・機械を選定するうえで参考となる「家畜排せつ物ふん尿処理施設・機械選定ガイドブック」（堆肥化処理施設編）を編纂するとともに、バイオマスによるメタン発酵消化液の資源回収技術、たい肥の肥効（無機化率）の簡易推定法等の研究開発を行っています。

研究所では、毎年度その研究成果と進捗状況についてとりまとめ、畜産環境技術研究所年報を発刊致して、広く関係者の皆様のご意見をいただくこととしております。本年報は平成16年度の活動状況をとりまとめたものでありますが、当研究所の姿を垣間見ていただくとともに、環境と調和した畜産推進の一助となれば幸甚に存じます。

昨年11月には、「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」が本格施行されました。今後、低コストな家畜排せつ物の処理技術開発等、畜産環境問題の解決に係る試験研究はますます重要になるものと考えられます。当機構並びに研究所と致しましてもこれらの負託に応えるべく、より一層の努力を重ねて皆様のご期待に応える所存でありますので、関係各位のさらなるご指導、ご鞭撻をよろしくお願い致します。

平成17年7月

財団法人 畜産環境整備機構  
理事長 本田 浩次

# 目 次

## まえがき

I	研究所設立の経緯と沿革	1
II	畜産環境技術開発普及事業	
1.	畜産環境技術開発普及事業の概要	3
2.	畜産環境技術開発普及事業の実施計画	5
3.	平成16年度畜産環境技術開発普及事業の概要	8
III	簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業	
1.	簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業の概要	14
2.	簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業の実施計画	16
3.	平成16年度簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業の概要	17
4.	簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業の成果の概要	
1)	開発された簡易低コスト処理・実証施設の概要と特徴	19
2)	研究所提案課題の概要	35
3)	効率的処理技術等情報システム整備事業（事例一覧）	41
4)	全国の堆肥センターで生産された家畜ふん堆肥の実態調査の概要	43
IV	平成16年度における主な研究成果	
1.	畜産由来の複合臭に対する「におい識別装置」の評価と堆肥臭気への応用	53
2.	発酵床豚舎の床材の各種成分およびミネラル類の蓄積	59
3.	豚の臭気対策資材の効果判定法（国からの委託研究）	63
V	委員会・会議等の開催	73
VI	職員の普及活動等	83
VII	総務関係	
1.	組織図	85
2.	施設および平成16年度導入機器	87
1)	建物	87
2)	主な新規導入機器	88
VIII	資料	89
	「酸素消費量測定による家畜ふん堆肥初期発酵の評価」(日本土壤肥科学雑誌、論文再録)	

## 研究所設立の経緯と沿革

畜産分野における国際化の進展および環境規制の強化が予想される中で、我が国の畜産は、生産性の向上や高品質な畜産物の生産と併せて、深刻化する畜産環境問題への対応が極めて重要な課題となっている。

こうしたことから畜産環境問題の発生要因研究から、その問題解決を図るための技術開発・普及までを包含する総合的な環境保全技術体系および地域社会とのかかわりの中で、畜産環境問題の発生の効率的な防止を図る等地域社会との調和を重視した畜産経営技術の確立が求められている。

このため、農林水産省のご指導のもとに日本中央競馬会および財団法人全国競馬・畜産振興会からの助成を受け、平成7年度から「畜産環境保全経営技術開発普及促進事業」を当機構が担当することとなり、平成8年7月1日から福島県西白河郡西郷村の農林水産省家畜改良センター（現：独立行政法人家畜改良センター、以下同じ）内の国有地を借地して「畜産環境技術研究所」を開設することとなった。

研究の拠点となる研究所本体の建物は、鉄筋コンクリート平屋建て延べ面積795㎡で、平成7年11月設計、平成8年1月工事着工し、平成8年7月竣工した。

また、実験棟（家畜排泄物高度処理・加工実験施設）鉄骨平屋建て延べ面積700㎡の建物が平成10年2月設計、平成10年3月着工、平成10年7月竣工した。

当該「畜産環境保全経営技術開発普及促進事業」は、家畜排せつ物量、アンモニア等悪臭物質の低減技術開発、メタン発酵消化槽の低コスト処理技術開発、微生物叢による畜舎汚水浄化機能の簡易評価法の開発、堆肥腐熟度判定器の実用化等の成果をあげ、平成14年度で終了した。

さらに、平成12年度から平成16年度の5年間の予定で、新たに「簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業」が開始された。これは、簡易低コスト処理施設開発実証事業、効率的処理技術等情報システム整備事業および堆きゅう肥の品質実態調査事業からなり、今年度で終了した。

平成14年度末で「畜産環境保全経営技術開発普及促進事業」の終了に伴い、平成15年度から平成18年度の4年間の事業として「畜産環境技術開発普及事業」を開始し、家畜ふん尿処理等畜産環境保全技術の研究開発に努めるとともに、開発技術の普及を促進することとしている。



研究所全景



16年度に出版した印刷物

## II 畜産環境技術開発普及事業

# 1. 畜産環境技術開発普及事業の概要

## 1) 事業の背景・目的

畜産経営の規模拡大に伴ない、家畜排せつ物が特定地域に集中的に排泄される傾向が顕在化したほか、水質汚濁や悪臭等に起因する苦情発生、さらには人の健康に影響を与えるものとして地下水の硝酸性窒素汚染などが、畜産経営に由来する環境問題となりつつある。

このため、平成11年11月に「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」（「家畜排せつ物法」）が施行され、補助事業およびリース事業を通じて適切な家畜排せつ物の処理と利用が図られている。

しかしながら、畜産農家がふん尿処理施設を整備する場合に、各自の経営実態に合った施設・機械を選択・評価する基準がなく、また、導入された施設・機械を効率的に稼働させるサポートシステムも整備されていないのが現状である。耕種農家の堆肥利用の積極的推進のためには、堆肥の有機肥料としての成分情報の提供も重要な課題である。

このため、①これまでの事業で得られた知見を活用しつつ「産・官・学」の要となる実用技術や在野技術について研究開発を行うとともに、②畜産農家が適切な家畜ふん尿処理ができるような処理施設・機械の性能評価基準の作成と処理技術情報の提供、耕種農家が堆肥を積極的に活用するための詳細成分情報の提供等の事業を実施し、畜産環境保全技術の向上を図るとともに、農家へ当該技術の普及を促進し、我が国畜産経営の安定的な発展に資する。

## 2) 事業の内容

### (1) 事業推進等委員会の運営

本事業の目的に添った研究開発を適切に実施するため、畜産環境問題に造詣の深い学識経験者で構成する事業推進等委員会を設置し、毎年度、研究開発の実施計画、実施結果について助言、指導、評価を行う。

### (2) 家畜ふん尿処理施設・機械の性能評価法の開発

①学識経験者からなる評価基準策定委員会を設置し、家畜ふん尿処理施設・機械について、評価手法、試行評価、評価基準の活用法等の検討を行い、家畜ふん尿処理施設・機械の性能評価基準を策定する。

②また、畜産農家の経営に最適な機種を選定に資するよう、その成果をホームページに掲載するほか、パンフレットを作成・配布する。

これによって、個々の畜産農家が、自己の経営の実態に合致した施設・機械を導入することが出来る。

### (3) 畜産環境保全のための簡易測定法、判定法の開発

①堆肥の肥効（無機化率）簡易測定法の開発等  
各種堆肥の窒素無機化率とC/N比等との関係究明および無機化率の推定法の精度の検証を実施し、無機化率の簡易測定法を開発して成分調整堆肥生産マニュアル等の作成を行う。現状では、窒素無機化率は一定値を使っているが、簡易測定法の開発により、個々の堆肥について無機化率が判明すれば、化学肥料との代替率算出の精度が著しく向上する。

### ②臭気センサーの開発

新規開発された複合臭臭気センサーを畜産分野に活用し、ヒトの官能試験と相関の高い畜産複合臭測定法を確立するとともに、低コ

ストな畜産用臭気センサーについて民間会社を通じた商品化を検討する。

最近、単独の臭気物質ではなく、複合臭を対象とした「臭気指数」で臭気を規制する自治体が増えているが、「臭気指数」の測定はヒトの官能によるため、手間も経費も掛かる。複合臭の臭気センサーが開発されれば、ヒトの官能によることなく「臭気指数」の推定が可能になる。

#### (4) 革新的環境保全現場技術の開発

##### ①メタン発酵消化液中の資源回収技術の開発

メタン発酵消化液を使った藻類(ユーグレナ)培養法を開発し、発酵消化液のアンモニアおよびりん含量の低減を図るとともに、藻類の家畜への給与試験等を行い、藻類のバイオマスとしての有効性を検討する。

##### ②汚水処理水の脱窒、脱色の簡易低コスト同時処理技術の開発

活性汚泥処理等の処理水を対象として、硫黄酸化脱窒細菌を活用した脱窒、脱色の同時処理実用化技術の開発を行う。硝酸性窒素等の規制がますます厳しくなることが予想され、また、処理水の放流には脱色が求められる場合が多く、その低コスト処理が望まれる。この点で、硫黄酸化脱窒菌は、脱窒と脱色を同時並行的に行うことが明らかにされており、汚水処理への応用が期待できる。

##### ③家畜排せつ量の低減と処理コスト低減の実証

養豚経営のふん尿排せつ量、特に尿中に排泄される窒素量低減によって尿汚水処理コストを軽減させる技術の実証を行う。これまでに、豚に低タンパク質飼料と繊維質飼料を給与し、発育および肉質を損なわず、尿中窒素排せつ量を半分以下に低減させる技術を開発したが、これが尿汚水処理にどれだけ反映されるかを明らかにする。

##### (5) 家畜ふん尿処理サポートシステム等の開発

畜産農家が各自の経営実態に合ったふん尿処理施設・機械を導入したとしても、それを効率よく稼働させるにはかなりの知識と経験が必要であり、それを支援するサポートシステムが望まれている。そこで、堆肥生産と汚水処理技術について、畜産農家が堆肥生産、汚水処理に活用できる堆肥生産および汚水処理のサポートシステムを開発し、また、堆肥生産については需要側のニーズを反映できるような肥効成分の無機化率推定技術などを応用した成分調整堆肥生産サポートシステムの開発を行う。

さらに、学識経験者等からなる在野技術評価委員会を設置して、有望な在野技術の収集と評価を通じてメカニズムの解明を行い、普及に耐える普遍化技術の確立を行い、堆肥生産および汚水処理のサポートシステムのレベルアップを行う。

### 3) 事業実施期間

平成15年～18年度(4か年)



## 2. 畜産環境技術開発普及事業の実施計画

研究課題等	年次				研究課題等の内容
	15	16	17	18	
1. 事業推進等委員会	←→				研究計画の実施計画、実施結果について、学識経験者による助言、指導、評価を行うため、検討委員会を組織・運営する。
2. 家畜ふん尿処理施設・機械の性能評価基準策定事業					
1) 汚水浄化処理	←→				汚水処理施設、機械の評価項目、評価手法を検討し評価基準を確立する。
2) 堆肥化処理	←→				堆肥化処理施設、機械の評価項目、評価手法を検討し評価基準を確立する。
3) 脱臭処理等	←→				脱臭処理等施設、機械の評価項目、評価手法を検討し評価基準を確立する。
3. 畜産環境保全のための簡易測定法・判定法等開発事業					
1) 堆肥の無機化率簡易推定法の開発					
(1) 各種堆肥の無機化率と窒素含量、C/N比等との関係究明	←→				各種堆肥のC/N比や窒素の形態等と窒素の無機化率との関係を重回帰式で導き堆肥の無機化率を簡易に推定する。
(2) 幼植物試験による堆肥無機化率推定精度の検証	←→				幼植物試験により種々の堆肥、土壌条件における無機化率推定式の精度を確認し、あわせて推定精度を高める。
(3) 標準堆肥成分表の作成	←→				無機化率および幼植物試験成績から標準堆肥成分表を作成する。
(4) 化成肥料添加による調整堆肥生産マニュアルの作成	←→				化成肥料添加等農家ニーズに適合した調整堆肥生産マニュアルを作成する。
2) 臭気センサーの開発					
(1) 各畜舎等からの臭気における官能試験と複合臭識別装置による臭気指数の相関	←→				牛・豚・鶏舎等の複合臭の臭気指数を官能試験と複合臭識別装置より求め、両者の相関から畜舎複合臭の特性を明らかにする。
(2) 畜種別複合臭の簡易センサーの開発	←→				上記(1)で用いた複合臭センサーを構成する個別センサー（約10種類ある）から、各畜種の臭気に強く反応する個別センサーを選び、各畜種に対応した簡易センサーを開発する。

研究課題等	年次				研究課題等の内容
	15	16	17	18	
<b>4. 環境保全新技術開発事業</b>					
<b>1) メタン発酵消化液中の資源回収技術の開発</b>					
(1) メタン発酵消化液による藻類培養法の確立	←	→			実験室レベルの培養装置においてユーグレナ等の藻類の培養条件を検討し、培養法を確立する。
(2) 藻類によるバイオマス生産実証試験			←	→	民間との共同研究により、実用レベルのプラントを作り、バイオマス生産を実証する。
(3) 藻類の給与試験による飼料栄養価の把握				↔	実用レベルのプラントで生産された藻類について、そのアミノ酸組成調査、動物試験等を通じて、飼料価値を明らかにする。
<b>2) 汚水処理水の簡易低コスト脱窒・脱色同時処理技術の開発</b>					
(1) 実験装置による汚水処理水の脱窒、脱色法の検討	←	→			実験室レベルでの汚水処理実験装置を用いて、硫黄酸化脱窒菌による処理水の脱窒、脱色の性能を調べ、最適な条件設定を行う。また、本技術の経済性についても検討する。
(2) 汚水処理水の簡易低コスト処理技術の実証			←	→	実規模の処理施設を設置し、脱窒、脱色の簡易低コスト処理技術を実証する。
<b>3) 家畜排せつ量の低減と処理コスト低減の実証</b>					
(1) 尿中窒素の低減等が尿汚水処理の負荷に及ぼす影響の解明	←	→			豚にCPや繊維質含量の異なる様々な飼料を給与して得られるふん尿を用いて、汚水処理実験装置により、汚水処理時間、ばっ気量、炭素源の添加量、除ふん率等の関連で、コスト低減のための基礎的データを得る。
(2) 養豚農家におけるふん尿処理コスト低減の実証			←	→	実験装置で得たデータにもとづき、養豚農家でのふん尿処理コスト低減の実証を行う。

研究課題等	年 次				研究課題等の内容
	15	16	17	18	
<b>5. 家畜ふん尿処理サポートシステム等の開発事業</b>					
<b>1) 堆肥生産サポートシステムの開発</b>					
(1) 堆肥生産サポートシステムの開発 ①堆肥生産マニュアルの作成	←	→			堆肥生産サポートシステムを構築するための高品質堆肥生産技術をマニュアル化する。
②堆肥生産サポートシステムの開発		←	→		マニュアル化された技術をもとに高品質堆肥生産をサポートするシステムをインターネットを通して利用できる形で開発する。
③堆肥生産サポートシステムのバージョンアップ			←	→	在野技術の普遍化技術を取り込んでバージョンアップを図る。
(2) 堆肥生産に関する在野技術の確立 ①堆肥生産に関する在野技術のメカニズムの解明	←	→			有望な在野技術について、そのメカニズムを解明する。
②在野技術の普遍化技術の確立			←	→	メカニズムを解明した在野技術について再現性が高く、耐久性のある普遍化技術とし確立する。
<b>2) 調整堆肥生産サポートシステムの開発</b>					
(1) 調整堆肥生産サポートシステムの開発			←	→	耕種農家が望む堆肥を生産するため、無機化率、化成肥料とのブレンド等を考慮した良質調整堆肥生産サポートシステムを完成する。
<b>3) 汚水処理サポートシステムの開発</b>					
(1) 汚水処理サポートシステムの開発 ①汚水処理マニュアルの作成	←	→			汚水処理サポートシステムを構築するための汚水処理の基礎的かつ広範囲な技術をマニュアル化する。
②汚水処理サポートシステムの開発		←	→		マニュアル化された技術をもとに汚水処理をサポートするシステムをインターネットを通して利用できる形で開発する。
③汚水処理サポートシステムのバージョンアップ			←	→	在野技術の普遍化技術を取り込んでバージョンアップを図る。
(2) 汚水処理に関する在野技術の確立 ①汚水処理に関する在野技術のメカニズムの解明	←	→			有望な在野技術について、そのメカニズムを解明する。
②在野技術の普遍化技術の確立			←	→	メカニズムを解明した在野技術について再現性が高く、耐久性のある普遍化技術とし確立する。

### 3. 平成16年度畜産環境技術開発普及事業の概要

#### 1) 事業推進等委員会の開催 (平15~18)

本事業の目的に添った研究開発を適切に遂行するため、学識経験者で構成する事業推進等委員会を開催して、研究開発の計画および実施結果について、助言、指導および評価を受けた。

第1回：平成16年8月2日～3日  
(畜産環境技術研究所)

第2回：平成17年3月15日  
(当機構本部会議室)

#### 2) 家畜ふん尿処理施設・機械の性能評価基準策定事業 (平15~18)

##### 研究のねらい

家畜ふん尿処理の施設・機械類は、各製造メーカーにより独自開発されたものが多い。畜産農家がこれら施設や機械類を選定するに当たっては、処理性能や耐久性などが各自の現場の条件に適應できるかどうかをもっとも知りたい情報である。しかし、現状は、メーカーのコマーシャルベースの情報が主であり、採用した施設・機械類が現場において上手く適應できなかったケースもみられる。

そこで、家畜ふん尿処理にかかる一連の処理システムと使用する施設・機械類の性能や耐久性、経済性等の適應性について評価するとともに、長所短所の特徴を明らかにし、現場において技術選択を容易にするための情報提供を行うことを目的とする。

初年度(15年度)は、汚水処理施設およびそれに付随する固液分離機についてそれらの選択指針を示すとともに、民間企業の協力を得て全国で実際に稼働している施設、機械の

事例を収集、評価を行って「汚水処理ガイドブック」として公表したが、16年度は、堆肥化処理施設・機械の性能評価を実施して、ガイドブックを作成する。

##### 16年度の進捗状況と成果

第1回家畜堆肥化処理施設の性能評価書策定委員会(9月10日)を開催し、募集要領等の調整、募集準備を行い、募集要領を139社に送付した。

「堆肥化施設選定ガイド」の資料の募集締切(10月25日)後、資料の整理を行った。応募件数は37件であった。

「堆肥化施設選定ガイド」の応募資料(応募37件)の整理を行い、各委員宛に資料を送付、評価を依頼した(評価締切11月26日)。応募資料、評価表、委員評価、コメント等を整理した。

第2回委員会(12月13日)および第3回委員会(1月18日)を開催し、問題点についてメーカーに問い合わせ、ガイドブック記載内容の検討を行った。

第4回の性能評価委員会(3月25日)を開催し、35件の採択を決定した。

「家畜ふん尿処理施設・機械選定ガイドブック(堆肥化処理施設編)」として公表した。

#### 3) 畜産環境保全のための簡易測定法・判定法等開発事業

##### (1) 堆肥の無機化率簡易推定法の開発

①各種堆肥の無機化率と窒素含量、C/N比等との関係究明(平15~17)

##### 研究のねらい

堆肥の耕地への施用促進のためには、堆肥に含まれる肥料成分(特に窒素)の肥効が化

学肥料のどの程度に相当するか（肥効率、一般には堆肥成分の無機化率で判定）を明らかにする必要がある。従来、堆肥に含まれる窒素の無機化率は、30℃、4週間の培養で測定されているが、この課題では、窒素の無機化率を堆肥の簡単な化学分析等のデータから重回帰分析により精度よく推定しようとするのがねらいである。

#### 16年度の進捗状況と成果

これまでに得られたデータを取りまとめた結果、鶏ふん堆肥の窒素無機化率は2.8%～30.9%（n=16）、乳牛ふん堆肥は-10.1%～16.6%（n=15）、肉牛ふん堆肥は0.7%～35.5%（n=27）と同一畜種でも窒素の無機化率に大きな差があり、従来のように、堆肥の種類にかかわらず畜種毎に一定の肥効率（無機化率）を用いることには無理があることが再確認された。

比較的容易に測定できる10項目の分析値を説明変数として、重回帰式によって、30℃、4週間の培養試験による無機化率の推定を試みたが、推定誤差（RSD）は、肉牛、乳牛および鶏ふん堆肥で、それぞれ、4.1、1.8および3.7%となった。豚ふん堆肥については実施中である。今後、さらに説明変数の検討を行い、無機化率の推定精度を高める。

#### ②幼植物試験による堆肥無機化率推定精度の検証（平16～17）

##### 研究のねらい

課題①で推定した窒素無機化率が、植物の発育に正しく反映するかどうかを幼植物試験で確かめるのがねらいである。

##### 16年度の進捗状況と成果

幼植物試験に用いる土壌の選定、堆肥の対照に用いる窒素化学肥料の種類と供試量等、幼植物試験に及ぼす種々の要因について検討し、継続中である。

#### (2) 臭気センサーの開発

##### ①各畜舎等からの臭気における官能試験と複合臭識別装置による臭気指数の相関

（平15～16）

##### 研究のねらい

複合臭を対象とした臭気指数で臭気を規制する自治体が増えているが、臭気指数の測定は一般に6名のパネラーによる官能試験によって行われるため、経費、労力ともかなりを要し、臭気判定は容易ではない。そこで、最近開発された複合臭識別装置を対象として、これを畜産臭の判定に用いることの妥当性について検討するとともに、畜産臭に適合し、精度よく客観的に測定できる複合臭臭気センサーの開発につなげる。

##### 16年度の進捗状況と成果

15年度に得られた畜舎複合臭に対する各種センサーの特性データを基に複合臭識別装置の運転条件、データ解析方法等の改良を行い、牛、豚、および鶏の畜舎臭気（4点）、堆肥臭（19点）の複合臭の臭気指数を官能試験と複合臭識別装置より求め、両者の相関を明らかにした。また、畜産臭の種類毎に、主に反応するセンサー（この複合臭識別装置には合計10種類のセンサーがある）を明らかにした。

官能による臭気指数（Y）と複合臭識別装置の値（臭気指数相当値、X）との回帰式は $Y=0.98X+2.6$ 、 $r=0.76$ 、推定誤差（RSD）=3.8となり、畜舎および堆肥の臭気についても、他の生ゴミ、焼き魚等の臭気と同様に、複合臭識別装置の臭気指数相当値から、そのまま官能による臭気指数の推定が可能であると考えられた。同一サンプル測定の反復誤差はきわめて小さかった。

また、堆肥の臭気の強さは、堆肥の品質評価の上で重要な要因であるため、複合臭識別装置による堆肥臭気の判定法について検討し、一つの方法を提案した（研究成果、53頁参照）。

さらに、袋に詰めた臭気の臭気指数相当値

は48時間経過してもほとんど変化せず、遠隔地からの臭気サンプルの輸送が可能であることを示している。

#### 4) 環境保全新技術開発事業

(1) メタン発酵消化液中の資源回収技術の開発

##### ①メタン発酵消化液による藻類培養法の確立 (平15~17)

###### 研究のねらい

全体としては、メタン発酵消化液中のアンモニアおよびリンをユーグレナ（ミドリムシ）で資化させて飼料資源として回収する技術の開発がねらいであるが、本実施課題では、実証試験に移す前に、基礎的な培養条件等について検討し、培養法を確立する。すでに、消化液でユーグレナが増殖し、消化液中のアンモニアやリン酸濃度を減少させることが明らかになっている。しかし、この技術を実用化するためには、効率的な連続培養法の開発、ユーグレナの捕食者の排除法、メタン発酵から排出される炭酸ガスを効率的にユーグレナ培養槽に投入する方法など、解決しなくてはならない問題が残されている。

16年度は、引き続きユーグレナの培養条件を検討するとともに、連続培養実験装置を設計、製作し、連続培養試験を行うとともに、処理コストの試算を行う。

###### 16年度の進捗状況と成果

原料が牛ふん主体のSプラント、豚ふんのみMプラント、牛ふんと豚ふん主体のYプラントの消化液を培地として培養した結果、いずれの消化液でもユーグレナは問題なく増殖した。また、気相として混合ガス、バイオガス（硫化水素200ppm含む）、脱硫したバイオガス（硫化水素1ppm以下）または大気ガスを用いて培養した結果、大気ガスはほとんど増殖しなかったが、他のガスでは問題なく増殖した。

処理コストについては、育成豚4,000頭規

模から排出されるふん尿を浄化処理することを想定し、以下の条件で試算した。

- a) ふん尿混合で活性汚泥法による浄化処理をする場合
- b) 畜舎でふん尿分離して堆肥化と活性汚泥法による浄化処理をする場合
- c) メタン発酵して活性汚泥法による浄化処理をする場合
- d) メタン発酵してカラム浄化法による浄化処理をする場合
- e) メタン発酵してユーグレナ浄化法による浄化処理とユーグレナ生産をする場合

この結果、減価償却費を含めた処理費用は、 $b < d < e < a < c$ の順となった。ユーグレナを用いた浄化および資源回収技術は、炭酸ガス、窒素、リンの環境排出が他の方法よりも少ないことから、施設の導入に公的な補助を得られやすいと考えられる。そこで、それぞれの処理条件について施設導入費の1/2の補助を受けた場合を試算しなおした結果、 $e < d < b < a < c$ と、ユーグレナを用いる方法が最も低コストになった。

連続培養装置による試験では、1日に2倍の個体数になる増殖を目標としており、本年度に行った培養条件では、その半分である2日に2倍の個体数になる増殖であった。さらに最適な培養条件の検討が必要である。

##### (2) 汚水処理水の簡易低コスト脱窒・脱色同時処理技術の開発

###### ①実験装置による汚水処理水の脱窒、脱色法の検討（平15~16）

###### 研究のねらい

硝酸性窒素等の規制がますます厳しくなることが予想され、一方では、処理水の放流には脱色が求められる場合が多く、その低コスト処理が望まれる。そこで、「硫黄酸化脱窒菌」を用いたメタン発酵消化液の脱窒、脱色の同時処理技術を応用し、活性汚泥法等による処理水について脱窒、脱色の同時処理技術

を確立し、簡易低コストな処理技術の開発を行うのがねらいである。

16年度は、カラム型処理槽による脱窒・脱色試験、硝酸態窒素濃度と色度が高い原水による試験等を行う。

#### 16年度の進捗状況と成果

カラム型処理槽による脱窒・脱色試験は、内径9cmのカラム2本に40cmの高さでSC材（硫黄と炭酸カルシウムからなる資材）を詰め、上向流、流速2ml/分、室温（15℃以上）、遮光条件にて試験した。原水にはST牧場の豚舎排水の活性汚泥処理水（BOD：114、COD：121、SS：162、NO<sub>3</sub>：1,047、NO<sub>2</sub>：0、NH<sub>4</sub>：72、PO<sub>4</sub>：219、単位ppm）を用いた。カラムへのSSの蓄積の影響を見るため、逆流洗浄等は行わなかった。この結果、硝酸濃度は、原水の20%程度までに低下した。原水のSSはカラム内に蓄積したため、45日目から流量が1ml/分に低下したことから、逆流洗浄なしでは1ヵ月程度で目詰まりを起こすと考えられた。脱色については、原水の色度が250度前後と薄かったためか、全く効果が見られなかった。

硝酸態窒素濃度と色度が高い原水による試験は、バッチ試験にて行った。容器にSC材200gと原水（豚舎汚水を簡易ばっ気して硝化した汚水）400mlを入れ、1日に1回転倒混和しながら室温で1週間静置した。この結果、硝酸態窒素濃度は、原水がNO<sub>3</sub>：27ppm、NO<sub>2</sub>：459ppmであったのに対し、処理水がNO<sub>3</sub>：30ppm、NO<sub>2</sub>：314ppmに低下し、この間に、色度は4,364度から842度に低下した。

以上の結果から、畜産排水について、SC材を用いた脱窒・脱色は可能であると考えられた。ただし、SSが蓄積しにくく、滞留期間を長くできる構造の装置の開発が必要であると考えられた。

### (3) 家畜排せつ量の低減と処理コスト低減の

#### 実証

##### ①尿中窒素の低減等が尿污水处理の負荷に及ぼす影響の解明（平15～16）

#### 研究のねらい

これまでに、豚に低タンパク質、繊維質飼料添加飼料を給与すると、発育および肉質を損なわずに、尿中窒素排せつ量が半以下に低減されることが明らかになった。そこで、尿中窒素排せつ量の低減が污水处理コストに及ぼす効果について、污水处理実験装置によって基礎データを得るのが本課題のねらいである。

16年度は、豚の尿中窒素排せつ窒素量が半減したふん尿を想定した汚水を用いた実験により、処理に要する薬品費、電力費等のランニングコストの試算根拠について検討する。

#### 16年度の進捗状況と成果

尿中窒素が約半分になるような飼料給与を想定した汚水について、硝化・脱窒型の連続式汚水装置で処理すると、脱窒に必要なメタノール（エネルギー源）、電力費等を含めたランニングコストは、標準的な飼料を給与した場合の約6割程度にまで低減されると試算された。なお、ここでは、污水处理施設の規模は同一と仮定したので、イニシャルコストは変わらない。

このコスト試算には、汚泥処理に係るコストが含まれていないため、今後検討する。

### 5) 家畜ふん尿処理サポートシステム等の開発事業

#### ①堆肥生産サポートシステムの開発

##### a 堆肥生産マニュアルの作成（平15～16）

#### 研究のねらい

家畜ふん尿処理サポートシステム等の開発の課題は、ふん尿処理施設の「選択ガイド」と対をなす課題であり、「選択ガイド」で導入された施設、機械が上手く稼働するように

インターネットを通じてサポートすることがねらいである。畜産農家が家畜飼養のかたわら、ふん尿処理を適切に行うことは容易なことではない。また、各農家に導入されている堆肥化施設の管理方式は同じではない。

そこで、畜産農家の堆肥生産を支援するために、堆肥生産サポートシステムとしてインターネットで提供するが、その前段として、本課題では、各堆肥化施設に応じた高品質堆肥生産マニュアルを作成する。

#### 16年度の進捗状況と成果

堆肥生産サポートシステムとしてインターネットに公開するための堆肥生産マニュアルについて、原稿執筆者に原稿を依頼し、原稿を回収した。

#### b 堆肥生産サポートシステムの開発

(平16~17)

##### 研究のねらい

a で作成した堆肥生産マニュアルをインターネットで公開する。

#### 16年度の進捗状況と成果

堆肥生産サポートシステムの基礎となる文章や図表の収集を行い、「畜産農家のための堆肥化処理サポートシステム」(仮題)としてホームページの骨子を作成した。これに「堆肥化処理の基本」および「良質堆肥の生産条件」の項目を付け加え、インターネット公開の準備中である。

#### ②堆肥生産に関する在野技術の確立

#### a 堆肥生産に関する在野技術のメカニズムの解明 (平15~17)

##### 研究のねらい

学識経験者等からなる在野技術検討委員会を設置して、堆肥生産の在野技術に関わる情報を収集し、有望な技術については有効性を検証するとともにそのメカニズムを解明する。低コストで普遍性のある技術であれば普及を図る。

#### 16年度の進捗状況と成果

在野技術検討委員会の結果、事務局が抽出した96件の在野技術の中から、マニュアル化するもの1件、現地調査を含めて積極的な情報収集を行ったうえで再度検討するもの4件、文献などの情報を収集したうえで再度検討するもの8件が選定された。この中の1つである「発酵床」について、現地調査を実施し、結果を研究成果(59頁参照)としてまとめた。

#### (3) 汚水処理サポートシステムの開発

#### ①汚水処理サポートシステムの開発

#### a 汚水処理マニュアルの作成 (平15~16)

##### 研究のねらい

汚水処理法には様々なものがあり、畜産農家が適切に管理、運転することは容易ではない。そこで、畜産農家へのインターネットを通じた汚水処理の支援のために、汚水処理サポートシステムを提供するが、その前段として、各汚水処理方法に応じたマニュアルを作成する。

#### 16年度の進捗状況と成果

汚水処理サポートシステムの基礎となる文章や図表の収集を行い、汚水処理マニュアルの原稿を作成した。

#### b 汚水処理サポートシステムの作成

(平16~17)

##### 研究のねらい

a で作成した汚水処理マニュアルをインターネットで公開する。

#### 16年度の進捗状況と成果

汚水処理マニュアルを電子データに変換し、インターネットに公開するためのデータを作成した。

#### ②汚水処に関する在野技術の確立

#### a 汚水処理に関する在野技術のメカニズムの解明 (平15~17)

##### 研究のねらい



汚水処理に関わる在野技術を検索・検証し、低コストで普遍性のある技術があればサポートシステムに組み込んで普及を図る。

#### 16年度の進捗状況と成果

在野技術検討委員会の結果、事務局が抽出した96件の在野技術の中から、現地調査を含めた積極的な情報収集を行ったうえで再度検討するもの2件、文献などの情報を収集したうえで再度検討するもの3件が選定された。この中の1つである「高水分発熱発酵簡易ばっ気」について、現地調査した結果、BOD、COD、SS、窒素濃度は低下していたが、リン酸濃度は変化しないことがわかった。本技術は、処理水を液肥として農地還元することを前提とする技術である。処理水は、臭気と粘性がない取り扱い性の良い性状になっており、大腸菌群数が極めて低いことから衛生的な面からも優れた液肥となっている。したがって、マニュアル化して普及すべき技術であると考えられたが、これについては、在野技術検討会にかける。

## 他機関との連携協力課題

(畜産エコ、受託、平12~16)

#### 研究のねらい

豚および鶏における経口投与型および散布型の脱臭微生物資材の評価試験法を標準化して、客観的な評価が行えるようにする。さらに、いくつかの微生物資材について実際に効果判定を行い、それらの試験法の有効性を実証する。さらに、微生物資材の使用が堆肥の初期発酵に影響ないかどうかの評価法の標準化も行う。当研究所は豚について分担する。

#### 16年度の進捗状況と成果

畜草研から委託を受けた実験の結果に基づき、報告書「畜産で利用される臭気対策資材の効果判定方法」のうち①豚の臭気対策資材の効果判定法、および②堆肥化促進資材の「コンポテスター」による評価法について原稿を執筆した。

### Ⅲ 簡易低コスト家畜排せつ物 処理施設開発普及促進事業

# 1. 簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業の概要

## 1) 事業の背景・目的

平成11年7月22日に、畜産環境問題の解決を図り、今後のわが国畜産の健全な発展に資することを目的として、「家畜排せつ物の管理の適正化および利用の促進に関する法律」が成立し、また、肥料取締法の一部改正により、堆肥の品質表示制度が導入された。

これに伴い、今後5年間実施される野積み、素掘り等の家畜排せつ物の不適切な管理の解消と有効利用の促進に対応するため、家畜排せつ物処理施設の計画的かつ着実な整備とともに、その適切な堆肥化処理・利用等に係る畜産環境保全技術の普及定着が強く求められている。

しかし、家畜排せつ物処理は生産性の向上等に直接結びつくものではないことから、畜産農家においては、より低コストな処理施設の整備や効率的な処理・利用技術に対する要望が極めて強い。これらのことから畜産現場の実態や農家の経営状況を踏まえた簡易で低コストな処理施設の開発・普及や技術指導、さらには堆肥の品質確保が急務となっている。

このため、本事業では、都道府県の協力を得ながら、簡易で低コストな家畜排せつ物処理施設や家畜排せつ物処理・利用方法について情報を収集・活用しつつ、その開発・実証・研究課題化を行う。また都道府県から推薦のあった効率的処理技術等の事例をデータベース化し、情報の提供システムを構築する。あわせて、全国の堆肥の品質を調査・分析する。

## 2) 事業の内容

### ①簡易低コスト処理施設開発・実証

- ・農家のニーズに対応しつつ、地域の特性

を踏まえた簡易で低コストな処理施設の開発、実証

### ②効率的処理技術等情報システムの整備

- ・家畜排せつ物処理、利用の優良事例等の情報収集、分析提供
- ・情報提供システムの整備

### ③堆肥の品質実態調査

- ・堆肥の抗生物質、病原性微生物等含有について全国的な実態調査、分析

## 3) 事業実施期間

平成12～16年度

## 4) 期待される成果

- ①農家のニーズに対応し、地域の特性を踏まえた簡易・低コスト処理施設が開発、実証される。
- ②全国の家畜排せつ物処理、利用の優良事例等がデータベース化され、提供される。
- ③堆肥の品質表示に関係する成分、抗生物質、病原性微生物等含有について全国的な実態が明らかになる。

## 5) 平成16年度の事業計画

### (1) 簡易低コスト処理施設開発・実証

本事業において開発実証を目的に委託した簡易低コスト処理施設について、その性能を相互に比較するため、共通の測定項目、測定方法および測定上の問題点を整理し、簡易低コスト家畜排せつ物処理施設に関する「報告書」を印刷し、速やかに関係機関に配布し、施設の普及を図る。

また、これらの施設を用いて調査を行う際に特に重点的に検討してほしい研究課題について下記のとおり4本の大課題にまとめて提

示し、研究課題化と研究の実施を依頼しているので、研究所提案課題に関する「報告書」を印刷し、関係機関に配布し、開発技術の普及を図る。

- ① 活性汚泥微生物による窒素低減化技術
- ② 「戻し堆肥」の水分調整材としての有効利用技術
- ③ 寒冷期における堆肥の発酵促進技術
- ④ ふん尿処理施設からの臭気低減技術

## (2) 効率的処理技術等情報システムの整備

都道府県および畜産環境アドバイザーから推薦のあった効率的処理技術等の事例を収集し、データベースに追加する。また、ホームページに掲載した事例に関するパンフレットを作成し、主にアドバイザーに送付し、情報利用の促進を図る。

## (3) 堆肥の品質実態調査

都道府県からの紹介等により延べ400箇所の堆肥センターについて堆肥サンプルの提供を依頼し、あわせて原料、副資材等の堆肥の品質・性状に関連すると考えられる項目をアンケート調査する。

堆肥の分析項目は全窒素、全炭素、pH、電気伝導度、銅、亜鉛の化学成分、スルファジメトキシシン、ペニシリンプロカイン、ストレプトマイシン等の抗生物質、O157、サルモネラ、クリプトスポリジウム等の病原性微生物とする。

堆肥の品質実態調査に関する「報告書」を印刷し、関係機関に送付し、調査結果の利用とともに、今後の良質堆肥生産の参考としてもらう。

## 2. 簡易低コスト家畜排泄物処理施設等開発普及促進事業の実施計画 (平成12～16年度)

事業内容	事業年次					備考
	12	13	14	15	16	
<b>I 簡易低コスト処理施設開発・普及</b> 1. 現地選択・実証施設設置 2. 現地調査 3. 調査報告の取りまとめ 4. シート等を利用した簡易ふん尿処理施設の事例集の作成						
<b>II 効率的処理技術等情報システムの整備</b> 1. データ収集、入力 2. データベース構築 3. インターネットによる情報提供の試行 4. インターネットによる情報提供						
<b>III 堆肥の品質実態調査</b> 1. サンプル収集、分析 2. データベース構築 3. 堆肥成分表策定・改定						

### 3. 平成16年度簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発 普及促進事業の概要

#### 1) 簡易低コスト処理施設開発・実証 (平12～16)

##### 研究のねらい

都道府県の協力を得ながら、簡易で低コストな家畜排せつ物処理施設について情報を収集・活用しつつ、その展示・実証を行うのがねらいであるが、各処理施設について、共通の測定項目を設けてその性能を相互に比較することとする。また、研究所が提案した四つの課題について、各機関で分担して取り組む。

平成16年度は、最終年度であるので、開発された実証施設について、検討委員会において普及に移せるもの、普及の可能性があるものおよび技術開発の参考となるものに評価・分類した上で、報告書を作成する。これとは別に、研究所提案課題についても報告書を作成する。

##### 16年度の進捗状況と成果

報告書の作成については、9月に各機関に対して原稿の提出依頼を行った。提出された実施報告書をもとに中央検討委員会にて評価・分類を行い、最終的な原稿を2月に取りまとめた。報告書は、「開発された簡易低コスト家畜排せつ物処理施設報告書」および「研究所提案課題に関する報告書」として公表した。

本課題に関連して開催した検討委員会は以下のとおりである。

- (1) 第1回中央検討委員会  
(11月22日、当機構会議室)
- (2) 北海道・東北地方検討委員会  
(12月1～2日、山形県)
- (3) 関東地方検討委員会  
(12月21～22日、長野県)
- (4) 東海・近畿地方検討委員会

(平成17年1月24～25日、三重県)

- (5) 九州地域地方検討委員会  
(2月17～18日、鹿児島県)
- (6) 第2回中央検討委員会  
(3月15日、当機構会議室)

#### 2) 効率的処理技術等情報システムの 整備 (平12～16)

##### 研究のねらい

家畜排せつ物の処理・利用を効率よく行っている施設の事例を収集・整理・保存した事例データベースを作成し、蓄積された事例の中から利用者の要求に合わせて最適の事例を選び出すことのできるシステムを整備する。畜産農家、農業団体、畜産環境アドバイザー、大学、研究機関等からの幅広い利用を想定している。

16年度は、前年度に引き続き堆肥センターの事例を収集するとともに、ホームページに掲載した事例に関するパンフレットを作成し、情報利用の促進を図る。

##### 16年度の進捗状況と成果

14例の事例を収集してホームページに掲載するとともに、これまでにホームページに掲載した122件の事例について「畜産環境技術研究所のホームページで公開している事例一覧」(41頁参照)として、パンフレットを10,000部作成し、主に畜産環境アドバイザー(3,500名)に送付し、情報利用の促進を図った。

#### 3) 堆肥の品質実態調査 (平12～16)

##### 研究のねらい

全国の堆肥センターで生産されている堆肥の成分を分析し、畜種別、副資材別、季節別

等に分けてデータを集積することによって、各種堆肥の標準的品質を明かにし、高品質堆肥生産とともに堆肥の利用促進の資料として役立てる。

16年度は、引き続き堆肥の分析を行うとともに、最終年度であるため、5年間の堆肥の品質実態調査のデータを解析し、「堆肥の品質実態調査報告書」として公表する。

#### 16年度の進捗状況と成果

16年度においては、12月までに307点の堆肥を分析した。なお、抗生物質については、12～15年度は、乳牛ふん堆肥を対象として、スルファジメトキシム、ベンジルペニシリン、カナマイシン、ストレプトマイシンおよびオキシテトラサイクリンの測定を行ったが、16

年度は、豚および鶏ふん堆肥を対象として、硫酸コリスチン、アピラマイシン、ノシペプチイド、亜鉛バシトラシンを測定した。これらの検査結果は全て陰性であった。

また、病原性微生物として、腸内出血性大腸菌O-157、サルモネラおよびクリプトスポリジウムについて検査したが、全て陰性であった。

12～16年度に分析した合計1,502点の堆肥の分析結果を解析して、「堆肥の品質実態調査報告書」として公表した。この概要については、43頁に、「全国の堆肥センターで生産された家畜ふん堆肥の実態調査の概要」として記載した。

16年度における月別および地域別の堆肥分析点数

月別分析点数													合計
月	16年度												
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
分析点数	30	35	36	31	32	45	49	47	2	-	-	-	307

地域別分析点数			
地域	分析点数	地域	分析点数
北海道	10	近畿農政局管内	18
東北農政局管内	61	中国四国農政局管内	58
関東農政局管内	84	九州農政局管内	37
北陸農政局管内	7	沖縄農政局管内	2
東海農政局管内	30		
合 計			307

## 4. 簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業の成果と概要

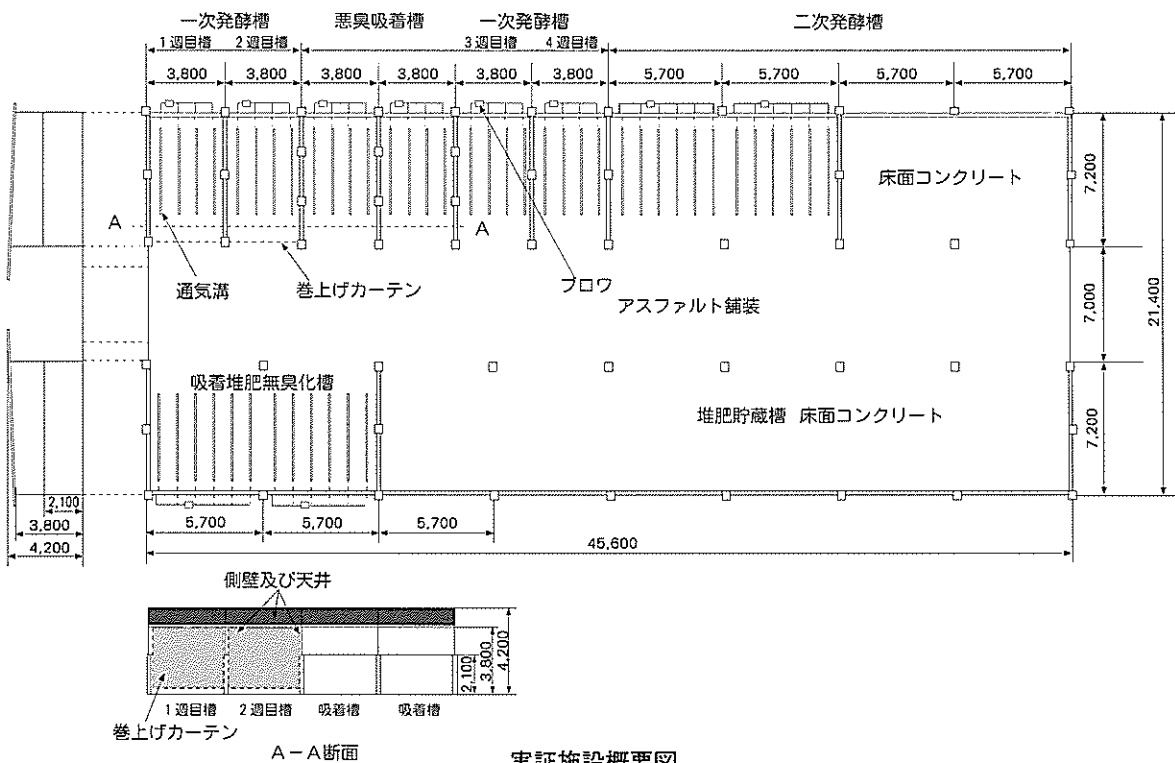
### 1) 開発された簡易低コスト処理・実証施設の概要と特徴

本事業で実証された施設、堆肥化処理施設（23ヵ所）、スラリー処理施設（6ヵ所）および汚水浄化処理施設（5ヵ所）の実証施設の概要と特徴について概説する。

#### (1) 堆肥化処理施設

##### 1-1 「堆肥脱臭装置付き低コスト強制通気式堆肥舎(乳用牛)」 (九州沖縄農研センター)

この実証施設は、ローダー切り返しと通気式の堆肥化法で一次発酵4週間、二次発酵3～6カ月で、一次発酵槽と二次発酵槽の1カ月目の部分には発酵を促進するため廃熱回収を行った加温通気システムを設けているのが特徴である。また、発酵期間半年程度の堆肥を用い無臭化の簡易脱臭システムを備えている。堆肥化の性能は、加温通気システムにより分解率を1.5倍促進することができる。また、強制通気方式により高品質の堆肥生産ができることが認められ、脱臭効果も良好である。実証施設の概略図は以下のとおりである。



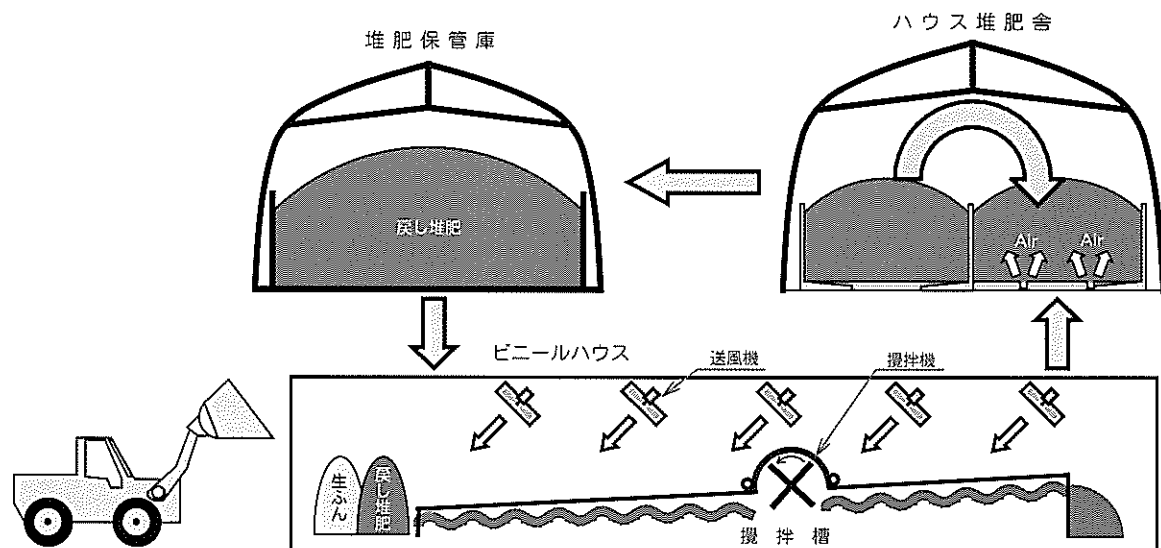
実証施設概要図

##### 1-2 「コンクリートパネルを利用した低コスト堆肥舎と2種類の脱臭装置(乳用牛)」

(宮城県畜産試験場)

この施設は、攪拌機を備えたビニールハウスの乾燥施設と、L型コンクリート擁壁に屋根はビニールハウスにし、送気設備と脱臭設備を備えた自力施工で行う堆肥舎の組合せの実証施設である。自力施工することで請負施工に対し60%のコスト低減になった。処理性能は、約2カ月の堆肥化処理で製品の水分は約54%に低下した。





施設の概略図

1-3 「山砂と遮水シートを用いたふん尿発酵処理施設（乳用牛）」（栃木県那須塩原市、県畜産試験場）

この施設は、浅型の攪拌式乾燥ハウス施設と、堆積発酵槽の組合せであり、原料がスラリーであり、処理効果の悪い時期は乾燥ふんを戻しに用いたハウス乾燥処理が有効である。乾燥ハウスの床は山砂と遮水シートを用いた

簡易な構造とし、建設コストの圧縮を図っている。乾燥ふんの堆積発酵処理は月に2回の切り返しにより腐熟を進める方法である。堆肥の成分は夏季に対して冬季の方が肥料成分が高かった。



写真1 攪拌乾燥施設（投入部：戻し堆肥投入）



写真2 攪拌乾燥施設（最終部）

1-4 「パイプハウスとロータリー攪拌機による乾燥施設及びパイプハウスの堆肥切り返し施設（乳用牛）」（長野県畜産試験場）

発酵乾燥処理施設はパイプハウスとし、搬出口に落とし込み槽を設け、ハウスの両サイドには巻き上げカーテンを設置し、発酵乾燥床は不浸透性ビニールシートを敷設した構造である。発酵槽には自走式の攪拌移送機を設置し、また、熟成・保管施設はパイプハウス

とし、床面はアスファルトとしている。堆肥化処理は、戻し堆肥の継続利用では次第に容積重が高くなり、微粉化が進み、団子状のものが増加してくる。このため、戻し堆肥の連続使用は1年程度がよい。

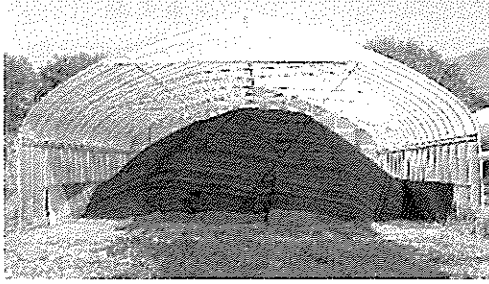


写真1 熟成・保管施設

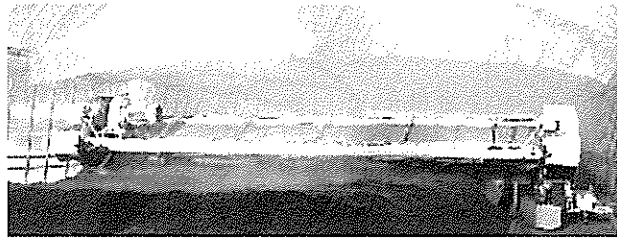


写真2 ロータリー攪拌機

### 1-5 「密閉縦型発酵装置－成型機システム（養鶏）」

（三重科学技術振興センター）

鶏ふん発酵処理で尿酸分解菌の制御によって高窒素肥効堆肥の生産を目的としており、原料の鶏ふんは尿酸含量の高い新鮮ふんであること。処理は、ウインドレス鶏舎から7日以内に搬出し、密閉型発酵槽で1日以内に60℃以上の発酵温度を生じる条件にすること。

この堆肥化処理で製品堆肥の窒素5.0%以上が確保でき、普通肥料の高規格堆肥製品を生産することができ、製品の販売収益を飛躍的に向上させ、トータル的に低コスト化が期待できる。

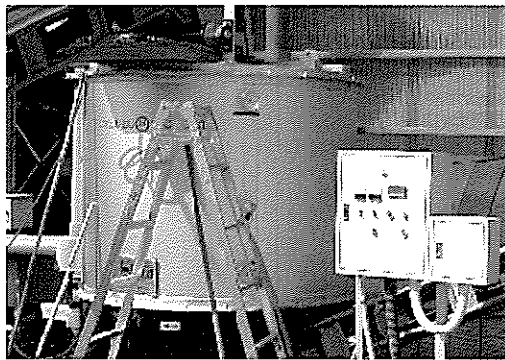


写真1 密閉縦型発酵装置

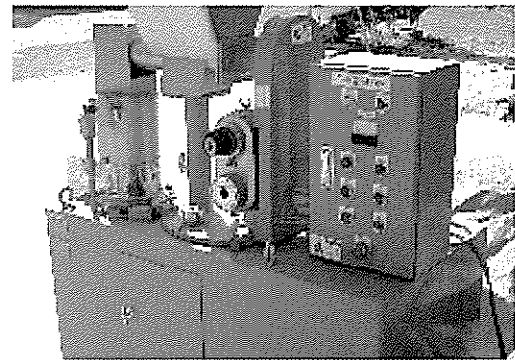


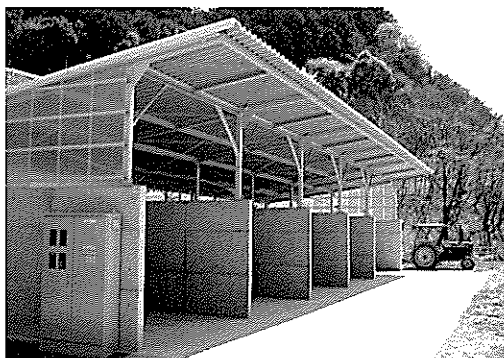
写真2 成型機

### 1-6 「通気装置を設置した簡易堆肥化施設（乳用牛）」

（福岡県農業総合試験場）

通気式発酵槽を4槽設け、第1槽から第4槽までは1週間毎に小型ローダで切り返しを兼ねて原料を移動し、4週間経過後は2次発酵処理施設へ移送する方式である。処理性能は、発酵開始3日後に品温は80℃近くに上昇

し、発酵開始時の水分68%が4週間後に61%に低下した。通気式堆肥舎では、ターボプロアはインバータによる周波数の調整と間欠運転により消費電力は60%以上が節減される。



堆肥舎全景（手前はプロア操作盤）

### 1-7 「屋根跳上式堆肥舎（ガルウイング型堆肥舎）（乳用牛）」

（北海道農研センター）

この施設は、ハウス型施設を屋根の跳ね上げ方式に改造し作業性の利便性を高めた実証施設で、機械を用いた材料の搬入出や切り返し作業を可能とする構造となっている。2重フィルム被服屋根により結露水の回収と、保温・潜熱回収と悪臭低減もできる施設で、処

理性能はトラクター装着型切り返し機により作業性に支障はなく、発酵温度は最高75℃、堆肥水分46%、有機物分解率30%が得られている。冬季も問題なかったが、堆肥水分はやや高くなる。

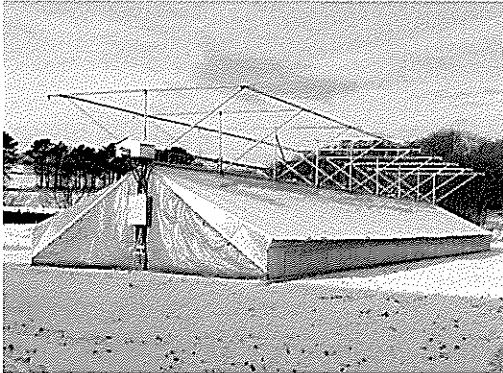


写真1 施設全景（屋根下げ時）

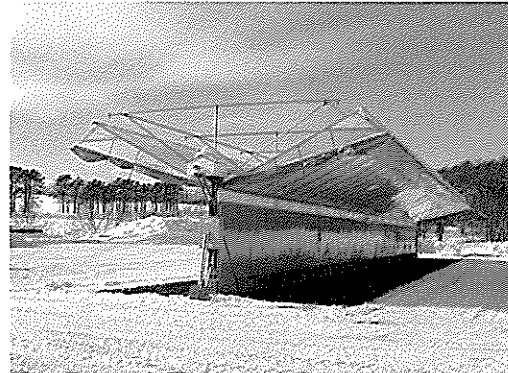


写真2 施設全景（屋根上げ時）

### 1-8 「低コスト簡易堆肥処理兼貯蔵施設（肉用牛、乳用牛）」

（北里大学）

この施設は、堆肥化施設の骨組みを単管足場用パイプを主材とし、網入りビニールシートで覆う簡易的な構造である。この施設は自家労力によって建設ができることを特徴とし、

建設費の低減と豪雪や荒天に対する耐久性を重視している。発酵槽の攪拌はコンポストターナで切り返す方法で行われ、約2カ月で完熟堆肥が生産できる。

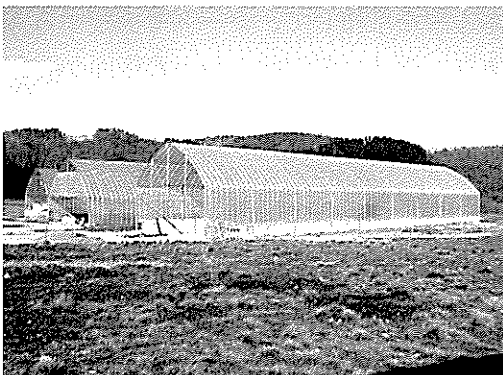


写真1 手前が当該施設完成時



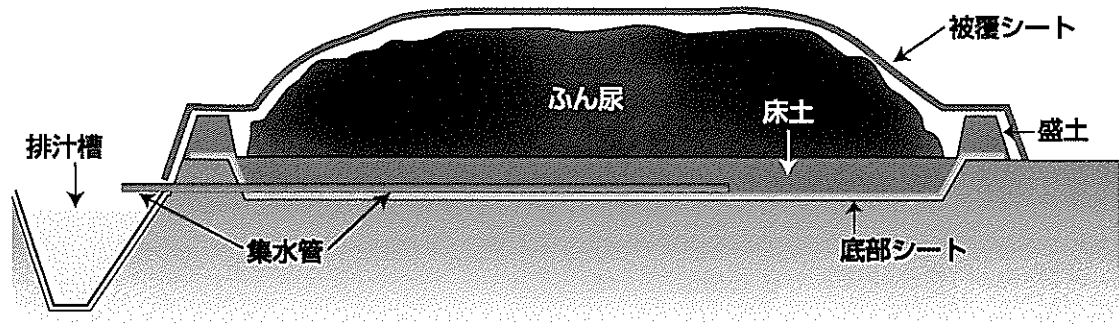
写真2 施設内において発酵処理中の様子

### 1-9 「シートと火山灰を利用した堆肥化施設（乳用牛）」

（北海道立畜産試験場）

この施設は、最も簡易的な方法として畜ふんの貯留施設として実証している。処理施設は遮水シートの上に花崗岩土を敷き、その上に排汁が排出する高水分のふん尿を堆積しシー

トで被覆する方法であり、堆積物の水分が高いため排出する排汁は花崗岩土を通して回収する、生ふんの貯留型となっている。概略図は以下のとおりである。



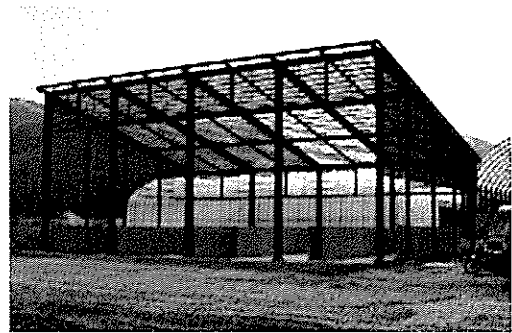
施設の概略図

1-10 「れき汁排出促進型低コスト堆肥舎（乳用牛）」

（北海道立畜産試験場）

この施設は、高水分のふん尿を原料とした堆肥舎で、排汁の除去を図ることで堆積物の減量化や取り扱い性の改善、堆肥化の促進を図る堆肥舎である。堆肥舎は、床に排汁パイプと壁にスリットを設けて排汁量の増加を図る構造になっている。堆積物の水分変化は、3～5カ月間の堆積期間で2～3回の切り返しを行い、仕込み水分78～82%のものが、仕上がりで72～76%に低減することができる。この内排汁は、堆積物当たり8～11%を回収す

ることができる。



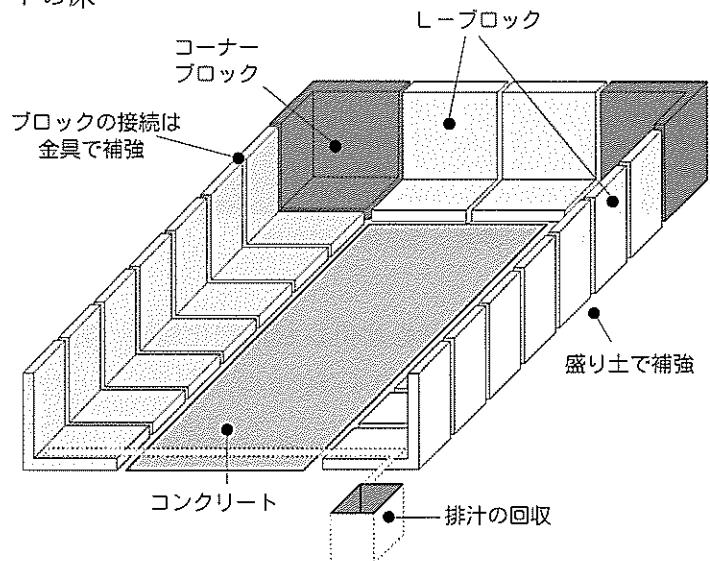
実証施設

1-11 「バンカーサイロを利用した低コストな簡易堆肥舎（乳用牛）」

（北海道立畜産試験場）

この施設は、バンカーサイロと同じ形状の堆肥舎として建設したものであるが、床はコンクリートとし、3方の枠をL型コンクリートブロックで壁をつくり、コンクリートの床

にふん尿を堆積して、シートで被覆する方法であり、排汁は前勾配のついた床面から回収する構造になっている。



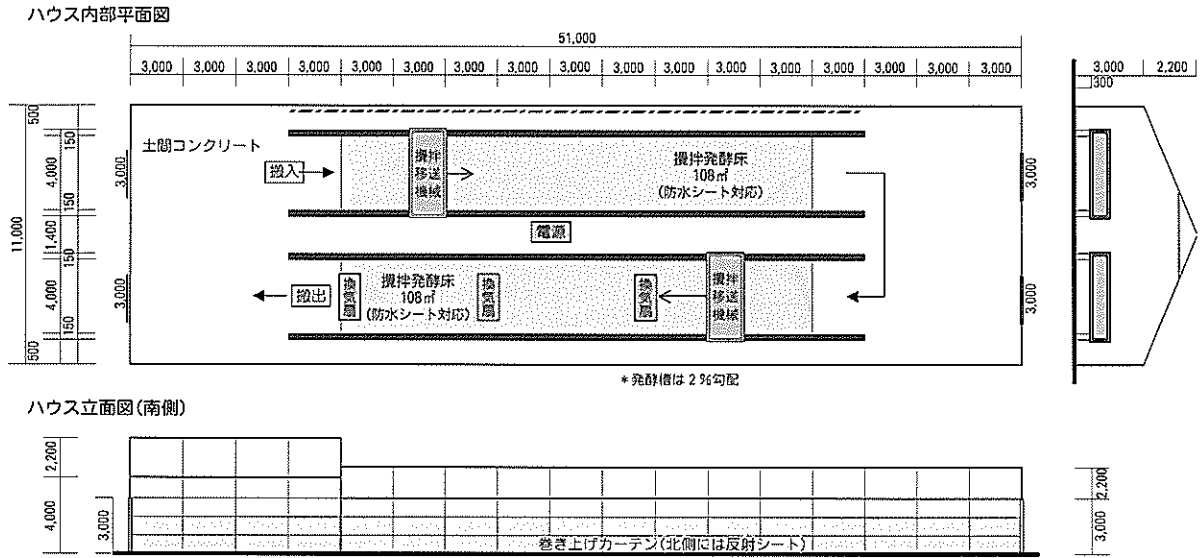
バンカーサイロを利用した低コストな簡易堆肥舎の概略図

1-12 「改良型発酵乾燥ハウス（乳用牛）」

（山形県農業研究センター）

この実証では、発酵乾燥ハウスはビニールハウス内に浅型の発酵槽と攪拌機を設置し、水分の蒸発と堆肥化を行う方法である。また、ハウス内に送風機と反射シートを設置し水分

蒸発量を高める方法としている。処理性能は、11月までは堆肥水分50%以下で良好であったが、12月以降の冬期は70%以上になり、冬期対策が必要であった。



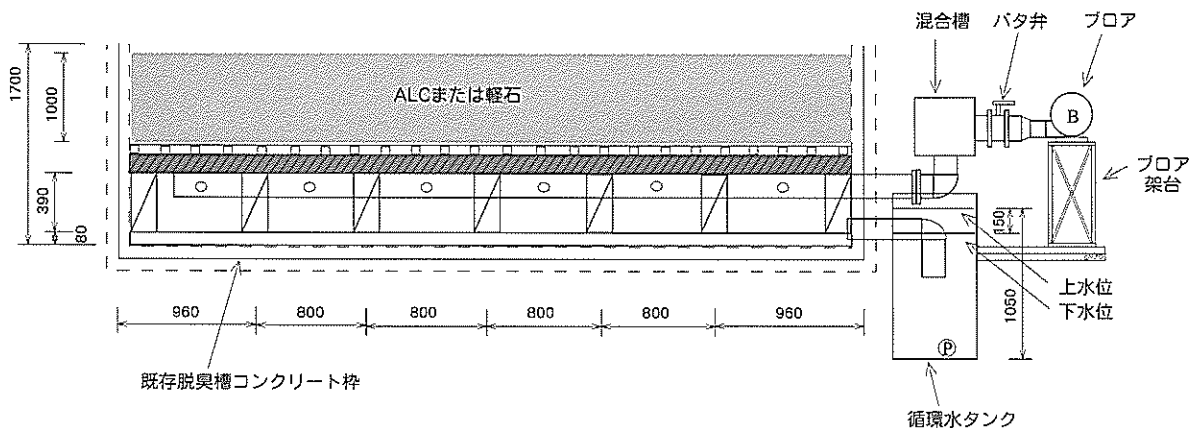
実証施設の概略図

1-13 「強制発酵施設（縦型コンボ）及び脱臭資材を用いた脱臭装置（養豚）」

（群馬県畜産試験場）

この実証では、豚ふんを原料にした密閉縦型発酵装置の処理性能は、発酵温度は原料投入から数時間後に上昇し、夏期は豚の水遊びの原因で発酵温度が上がらないが、堆肥成分は季節的变化はなかった。脱臭資材の比較では、おが屑に対して軽石や軽量発泡コンクリー

ト（ALC）の実証では、おが屑はスタートして20日後から脱臭性能が低下してくるが、軽石やALCは水を循環することにより高性能な脱臭効果が認められ、処理コストも安いことが分かった。



1-14 「可動通風式簡易土間工法堆肥舎（乳用牛）」

（千葉県畜産総合研究センター）

この施設構造は、コンクリートに密着できる防水シートを底面に施設し、ポリプロピレン製繊維の骨材チップ混入のコンクリートを床面に打設し、その壁面はプレキャスト擁壁で、屋根はパイプハウスを利用した堆肥施設である。可動式通風装置は、コンプレッサー

にパイプをホースで繋ぎ、堆積した堆肥の任意の場所にパイプを挿入することにより通風できる仕組みになっている。この構造で土間等のひび割れ等はなく、通気装置は発酵ムラが無いように留意する必要がある。

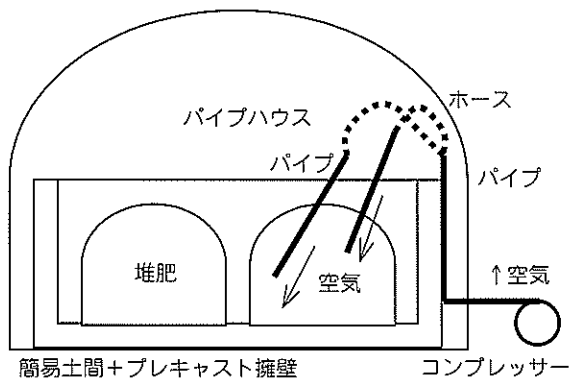


図1 堆肥舎の概略図

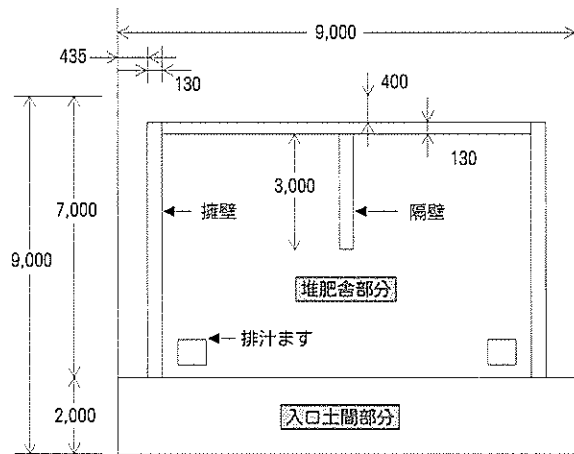
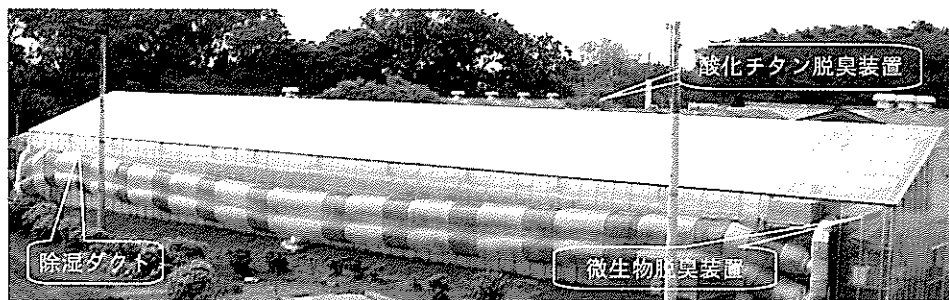


図2 試験堆肥舎の平面図

1-15 「乾燥ハウスを利用した発酵堆肥化施設と2種類の脱臭装置（乳用牛）」（神奈川県畜産研究所）

この実証は、園芸ハウス内に堆肥攪拌機械を設置し、微生物脱臭装置と酸化チタン脱臭装置の2種類の脱臭装置を組み込んだ閉鎖型発酵乾燥堆肥化施設である。牛ふん原料の処理性能は、戻し堆肥100%では、11月から仕上がり堆肥水分が50%以上になるため、予備

乾燥が必要であった。脱臭処理のアンモニアの除去性能は、生物脱臭で90～95%、酸化チタンでは5～8%で、排気中のアンモニアは冬期で4ppm、夏期は12ppmに低減するが、酸化チタンの管理には留意が必要である。

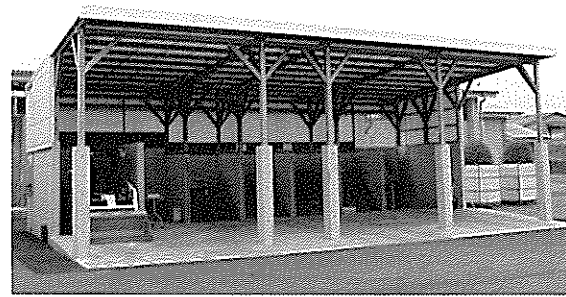


消臭型堆肥化ハウス全景

1-16 「簡易低コスト堆肥化実証展示施設（肉用牛）」

（鹿児島県畜産試験場）

この施設は、基礎や構造、屋根材の比較の中で建設コストの低い堆肥化施設を実証展示したものであり、堆肥舎の床は鉄筋コンクリート製で、支柱は木造で、屋根は波板張りの構造である。また、床面には送風設備を備え、この堆肥化処理では、廃棄粗飼料を床面に敷くことにより 発酵温度の立ち上がりが早くなった。



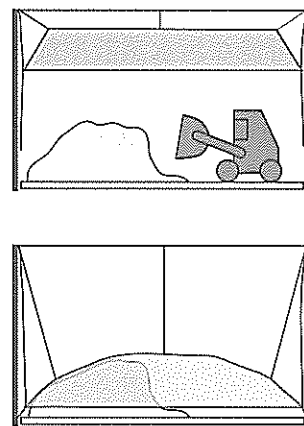
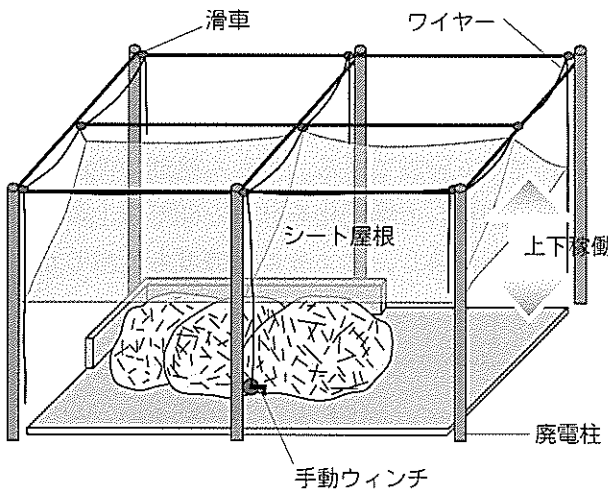
施設の全景

1-17 「廃電柱とシートを利用した簡易屋根掛け施設（乳用牛）」

（北海道立畜産試験場）

この施設は、堆肥盤の周囲に廃電柱を立て、上部に滑車をつけてシートを吊ったワイヤを通し、ウィンチでシートを上げ下げして、ふ

ん尿堆積物に屋根掛けをする方法で、作業性に支障はなかったとした実証である。



作業時：シートを上げる。  
作業スペースを確保。

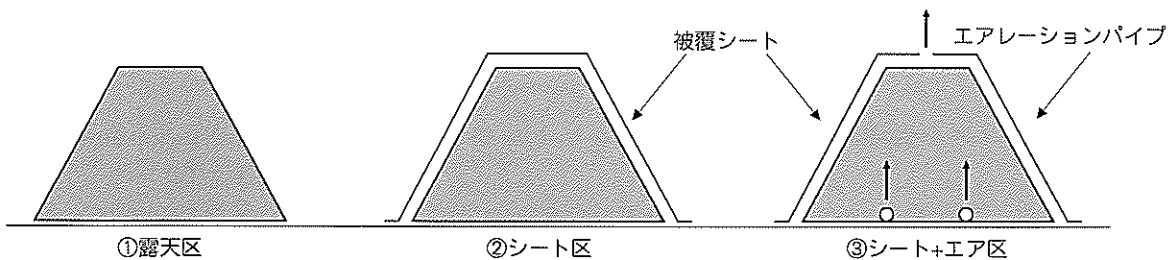
平常時：シートを下げる。  
積雪加重の対策不用。

廃電柱とシートを利用した簡易屋根掛け施設の基本構造

1-18 「大規模肉用牛経営に対するふん尿被覆法（肉用牛）」

（北海道立畜産試験場）

大規模の堆積物に省力的にシートを被覆する方法についての実証例である。概略図は以下のとおりである。



試験処理の概要図



1-19 「地域資源のもみガラ及び特性床材（カキガラ、山砂）を利用した無切り返しプレキャストコンクリートパネル堆肥施設（肉用牛・乳用牛）」  
 （宮城県畜産課）

この施設は、堆肥舎をプレキャストコンクリートパネルとパイプハウスによる構造とし、床材には川砂やかき殻を利用した低コスト堆肥舎施設である。堆肥化は切り返し無しで、

通気性を確保するため生分解性フィルムの筒にモミガラを入れ堆肥中に挿入する方法である。処理性能は、冬期でも2週間内に70℃程度の発酵温度が認められた。

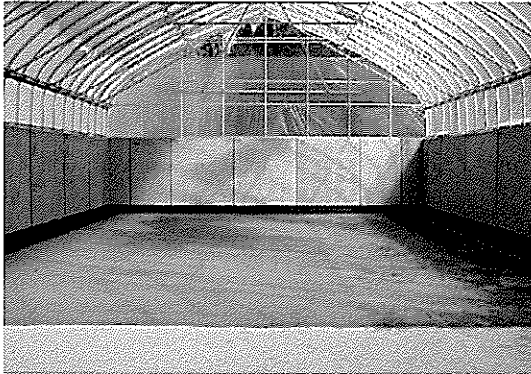


写真1 完成した堆肥舎内部

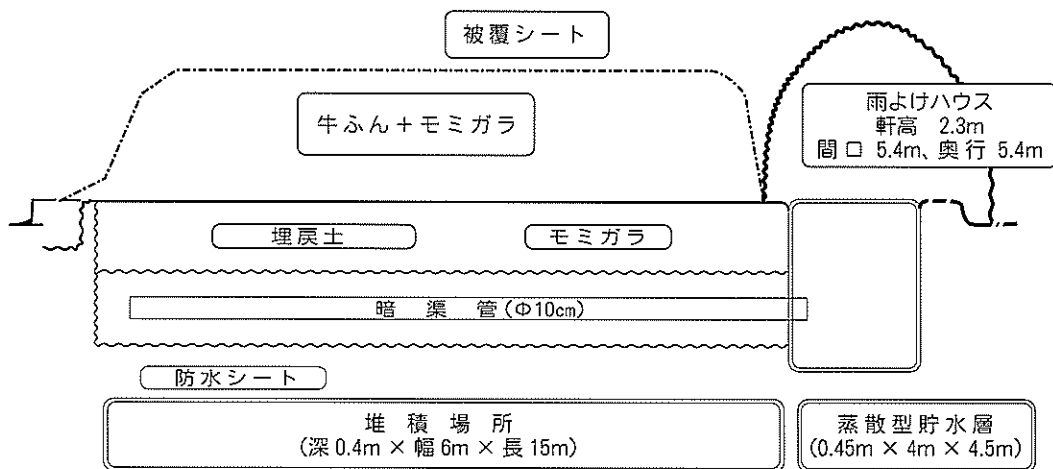


写真2 通気筒の設置状況

1-20 「自力施行可能な汚水蒸散型簡易低コスト堆肥化施設（乳用牛）」  
 （埼玉県農林総合研究センター 畜産研究所）

この施設では、堆肥化処理は被覆シートを用いた簡易な堆肥化処理であり、処理施設等から排出する汚水を蒸散型貯水槽により蒸発

処理する施設である。牛ふん処理の性能は、水分調整して堆肥化を行うと60℃以上の発酵温度を維持し、アンモニア濃度も低減した。



ビニールハウス等の低コスト応用型の堆肥化施設

1-21 「簡易低コスト処理施設の開発・実証（シートを利用した簡易堆肥発酵施設（乳用牛）」  
 （独）家畜改良センター 本所）

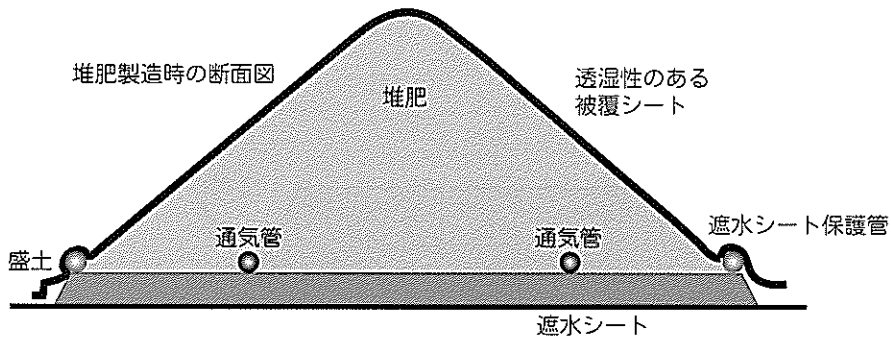
この施設は、堆肥の仕込み時の水分をおか屑などで水分調整を行い、通気装置を設置して好気性発酵ができる状態にして堆積し、被

覆シートと遮水シートで堆積物が流出しない施設構造により堆肥化を進める実証施設である。堆積中の堆肥からにじみ出る排汁は排汁



槽に貯留する構造にもなっている。切り返しはしなくても70℃に発酵熱が上昇し、約40日ほどで温度は低下するが、60℃以上が85日に

も続いた成績もあり、良質堆肥を生産することができる。



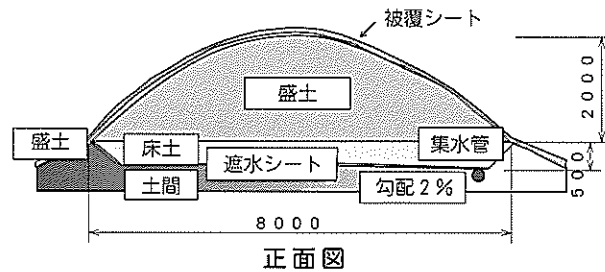
施設の概略図

1-22 「簡易低コスト処理施設の開発・実証（乳用牛）」

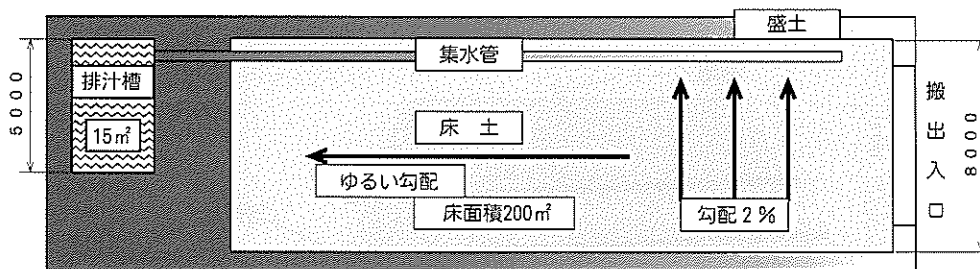
((独)家畜改良センター 十勝牧場)

この施設は、北海道畜産試験場が開発した簡易な家畜排せつ物貯留施設である。簡易な

構造で、整備に係る農家の資金的負担が少ない低コストな施設である。



正面図



平面図



側面図

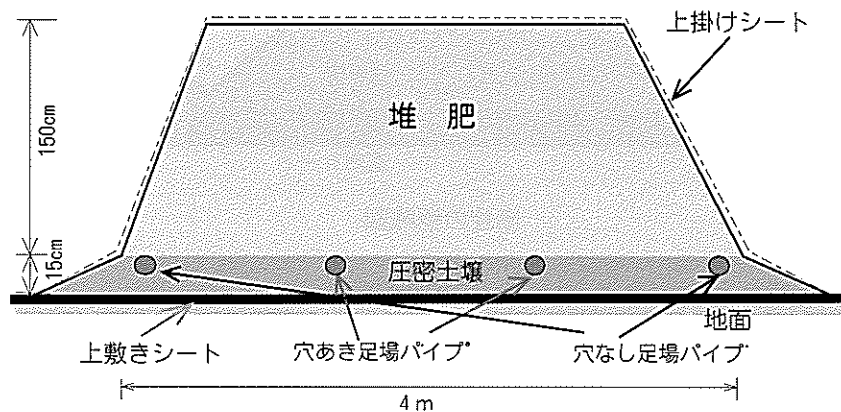
施設の概略図

1-23 「簡易低コスト処理施設の開発・実証（乳用牛）」 （(独)家畜改良センター 宮崎牧場）

その1：群馬県畜産試験場考案

この施設は群馬県畜産試験場が開発した簡易な家畜排せつ物貯留施設である。地面に防水シートを敷き、その上に山砂を敷き詰めた簡易堆肥盤に、オガクズを副資材として水分

70%程度に調整を行ったふん尿を積み上げ、通気性のある遮水シートを被覆することで、堆肥発酵が進む、簡易で低コストな施設である。

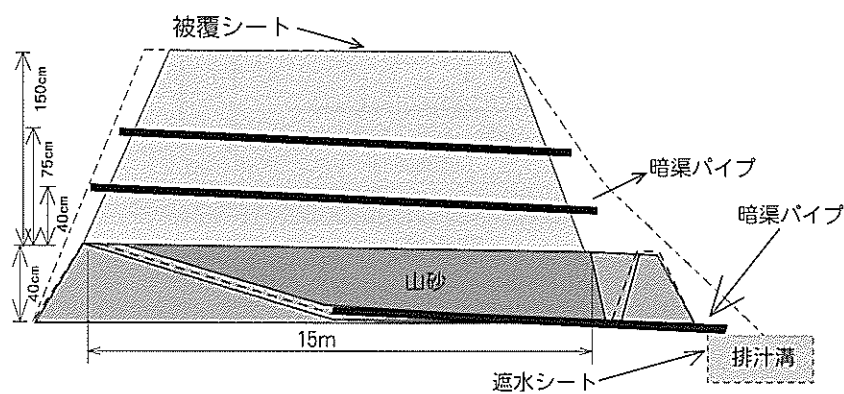


群馬方式による正面から見た施設の概要（1基分）

その2：青森県農林総合研究センター  
畜産試験場考案

この施設は青森県農林総合研究センター畜産試験場が開発した簡易な家畜排せつ物貯留施設である。おだやかなV字の勾配になるよ

うに盛土をし、表面に防水シートを張る。その上に山砂を敷き詰め、平らにし床面とする。低部に排汁を回収するため暗渠パイプを施し排汁溜を設置する。

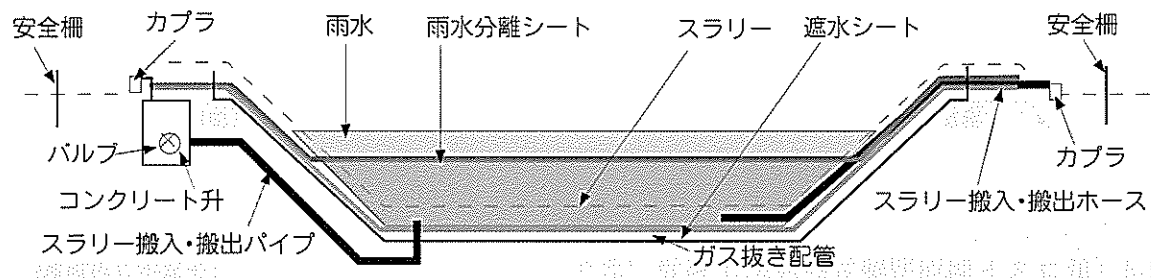


青森方式による側面図

## (2) スラリー処理施設

### 2-1 「防水シート被覆による雨水分離型の汚水簡易貯留槽（乳牛）」（北海道立根釧農試）

この施設は、スラリーの簡易貯留施設としてその上に水を溜めることで雨水を分離し、スラリーの臭気やスカムの発生を防止する簡易低コスト型の貯留施設である。



処理施設の構造

### 2-2 「牛舎尿汚水の簡易処理利用施設（乳牛）」（埼玉県農総研センター）

おが屑をろ過材として牛尿汚水をろ過し、ろ液はばっ気槽に流入して2～10日間ばっ気して液肥利用する実証施設である。ろ過槽のおが屑の目詰まり防止のためスクリュウ式により攪拌を行い、攪拌機はろ過終了後に前後左右に移動する。攪拌後はろ過槽内へ通気を行う。ろ過の処理性能は、SS、BOD共に80%程度の除去率があり、液は濃い茶褐色で若干のアンモニア臭がある。ろ液を3日間ばっ気処理を行うとBOD除去率は60%であった。運転の留意点は、原水の汚濁濃度が高いと処理能力が落ちる。おが屑は3～4カ月毎に入れ替えが必要である。

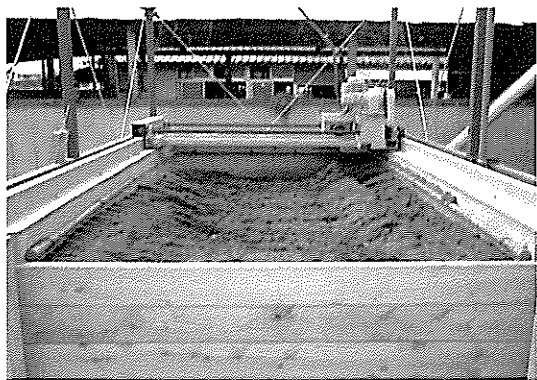


写真1 もみ殻ろ過槽

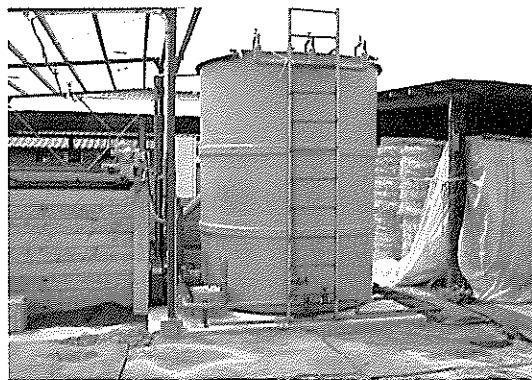


写真2 曝気槽

### 2-3 「土壌脱臭施設を設置したスラリーばっ気処理施設（乳牛）」（栃木県那須塩原市 栃木県畜試）

回分式ばっ気槽とばっ気槽から発生する悪臭を簡易土壌脱臭装置で脱臭する施設及び貯留槽からなっている。牛舎スラリーは高濃度であるため水分92%以上に希釈することが望ましく、ばっ気は間欠運転で、10日間行う。処理性能は空気量が適正であれば分解が進むが、ばっ気不足では硝化反応が見られず悪臭が発生する。液温は夏期48℃まで上昇し、粘性が低下し、液の色は黒っぽく変化し、臭気も大幅に低下し、液肥として有効である。

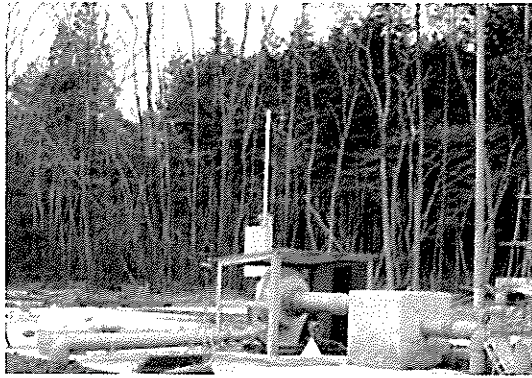


写真1 施設全景 (手前：ばっ気槽)

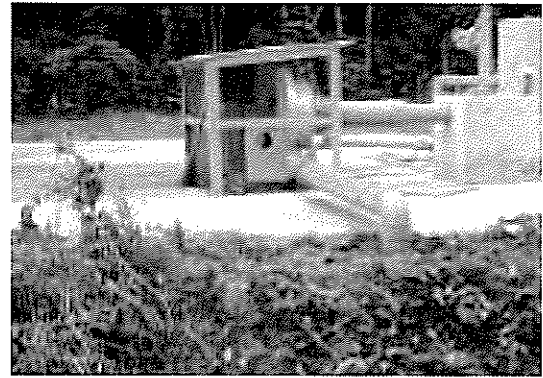


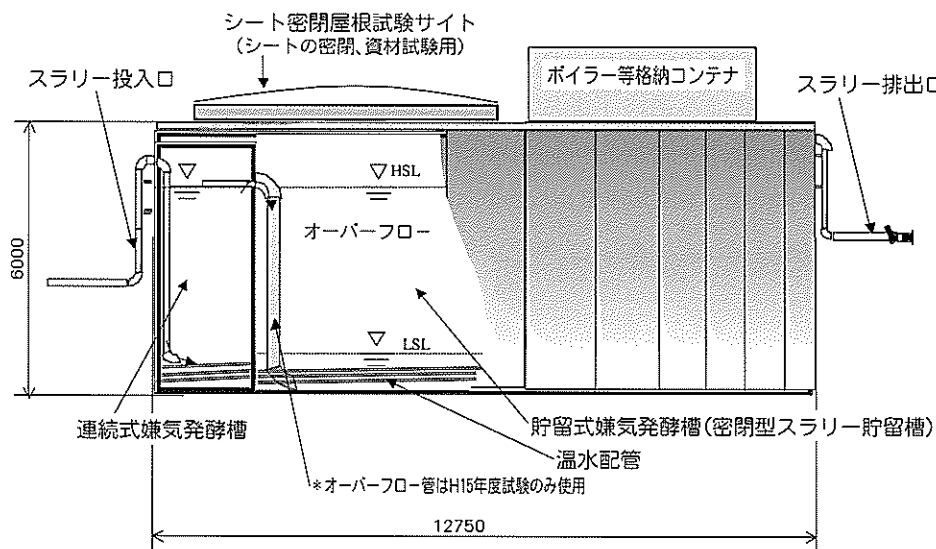
写真2 土壌脱臭槽 (施設手前部分)

## 2-4 「低コスト個別型嫌気性液肥化施設 (乳牛)」

(北海道立根釧農試)

メタン発酵法であるが低コスト化を狙うため発酵槽と消化液貯留槽を一体化した構造で、発酵槽内の攪拌や発電装置を設置しないことで低コスト化を図っている。発酵槽の加温はガスボイラーによる循環供給で42℃を維持し、

攪拌は投入による流動化と、スラリータンカーによる吸入・排出操作で行う。処理性能は、メタン発酵では余剰エネルギーが発生しその有効利用が期待できるが、導入に当たっては経営条件等の留意が必要である。



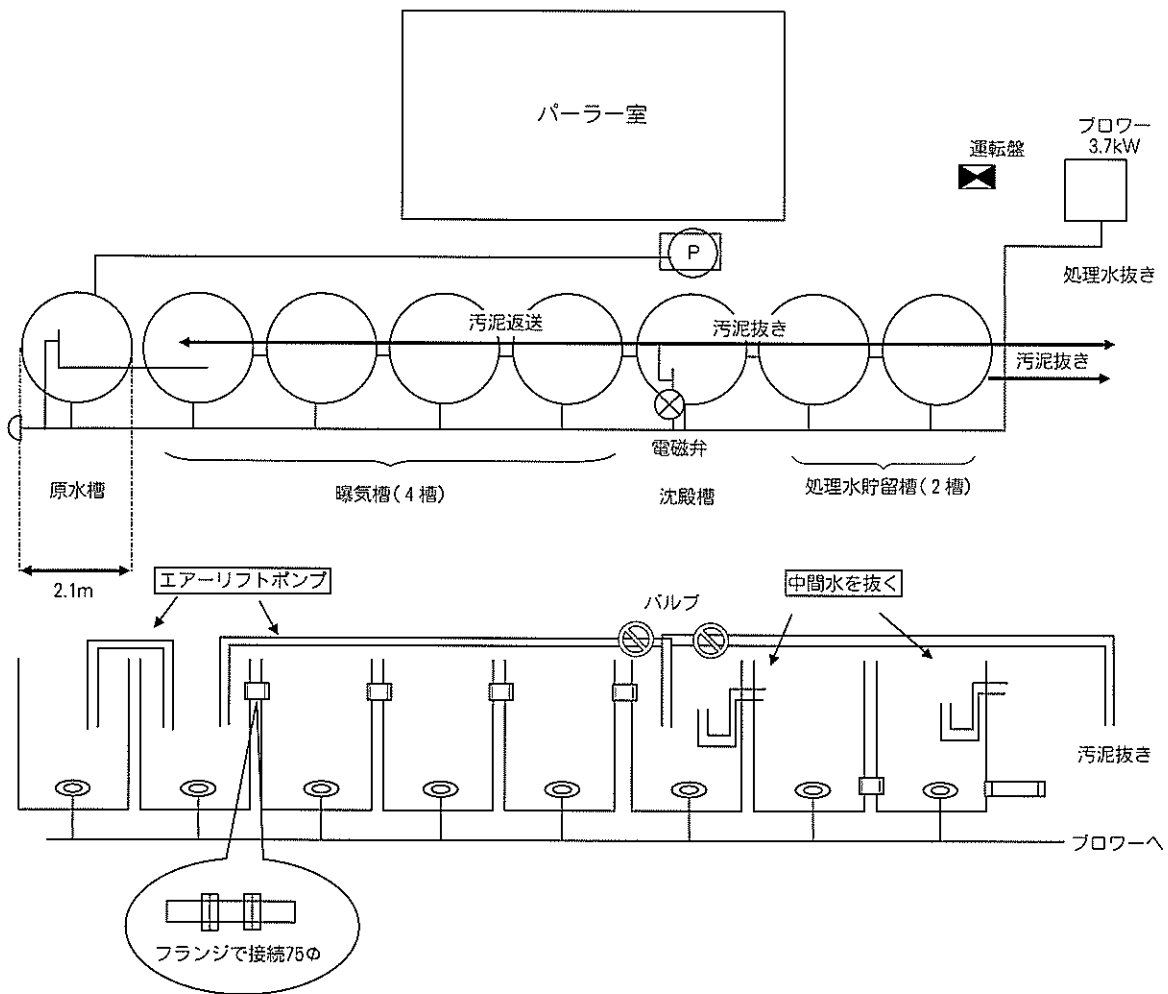
嫌気性液肥化施設の概要図

## 2-5 「FRPタンクによるパーラー等の排水浄化処理施設 (乳牛)」

(熊本県畜研)

中古のFRPタンクをばっ気槽に利用した処理施設で、バルクタンクの消毒剤の影響を緩和するため原水槽でもばっ気処理する工夫をしている。活性汚泥処理水は圃場散布方式であるが、牛の待機場や固液分離機の洗浄水

などに用いることができる。処理性能は、BOD除去率は97%と高いが、CODが81%、窒素は55.6%であり、待機場のふん尿や廃棄乳の混入は水質悪化になるので留意する必要がある。



処理施設の概要

## 2-6 「簡易ばっ気式家畜ふん尿処理システム (乳牛)」

(静岡県畜試)

ホーロー製タンク6基をばっ気槽とし、接触材に花崗岩等の自然石を使用した簡易ばっ気処理法である。牛舎汚水の処理性能は、夏期のBOD低下は大きいですが、冬期の水温低下により処理性能は低下する。処理水は基本的に液肥利用であり、スプリンクラーで圃場に散布することができるが、窒素流出の心配がある場合は脱窒処理が必要である。



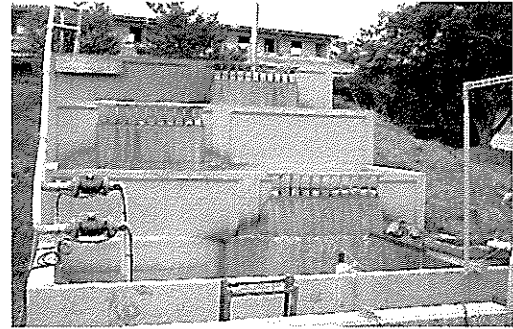
処理施設の全景

### (3) 汚水処理施設

#### 3-1 「カスケード型水路を利用した汚水処理施設（乳牛）」

(京都府畜研)

この実証は、段差をつけたる床型水路「カスケード型水路（小さい滝）」をばっ気槽とし、水中ポンプで汚水を最上段に上げて、段差から落下する際の水の勢いでばっ気処理を行う方法で、傾斜地の立地条件向きの施設である。処理性能は、豚舎汚水でBOD、COD、窒素95%以上の除去率が得られ、水質基準を満たす成績が得られている。



カスケード型水路全景

#### 3-2 「凝集剤、活性炭による簡易牛舎排水浄化処理施設（乳牛）」(大阪府 食とみどりの総合技術センター)

汚水中の固形物、色及び臭気を活性炭と無機及び高分子凝集剤により処理する施設で、処理施設の構造は凝集剤と活性炭の供給機、分離脱水機等をユニット化した処理施設で、比較的小規模で簡易対応型の施設である。水洗方式の牛舎汚水の処理性能は、SS、COD、全リン、色度の除去率は何れも90%以上で、臭気もなく透視度も非常に良好であるが、パークリーナーからの尿汚水は非常に高濃度の

汚水であるためさらに活性汚泥処理が必要である。



牛舎貯留槽横に設置した処理施設全景

#### 3-3 「ミルクパーラー排出ふん尿混合汚水処理施設・プロワ利用による簡易尿処理施設（乳牛）」

(兵庫県農水技術総合センター)

廃棄された酒樽とFRPサイロをばっ気槽に利用した活性汚泥処理と、小規模合併浄化槽を利用した低コスト化のミルクパーラー排水処理施設である。処理性能は、消毒剤の混入により活性汚泥への影響がややみられるものの、流入汚水に廃棄乳が混入しない場合

はかなり汚水濃度は低く、浄化成績も良好である。しかし、廃棄乳が混入するとBODは3,000mg/lに上昇し、浄化性能も極端に悪化するため、日常の管理には留意する必要がある。廃棄資材の利用で処理コストは大幅に低減化できる。



写真1 浄化処理施設前全景

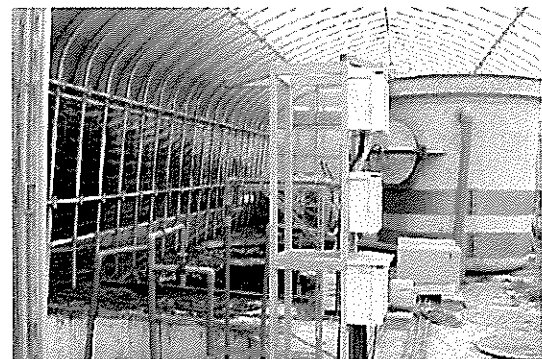


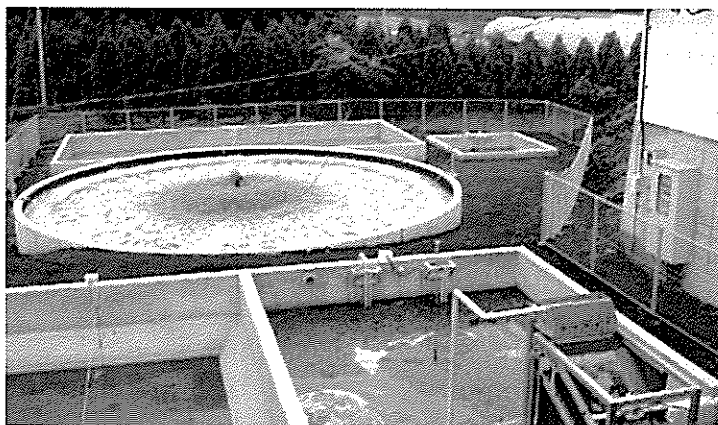
写真2 浄化処理施設内部

### 3-4 「回分式活性汚泥浄化処理施設（宮崎県方式）（豚）」

（宮崎県畜試）

余剰汚泥を砂ろ床で処理する簡易的な活性汚泥処理施設で、低負荷型回分式活性汚泥法である。豚舎污水の処理性能は、SS、COD、BOD、窒素ともに96%以上の除去率が得ら

れ、水質基準を達成することができる。砂ろ床の管理には手間が掛かるものの低コスト化になっている。



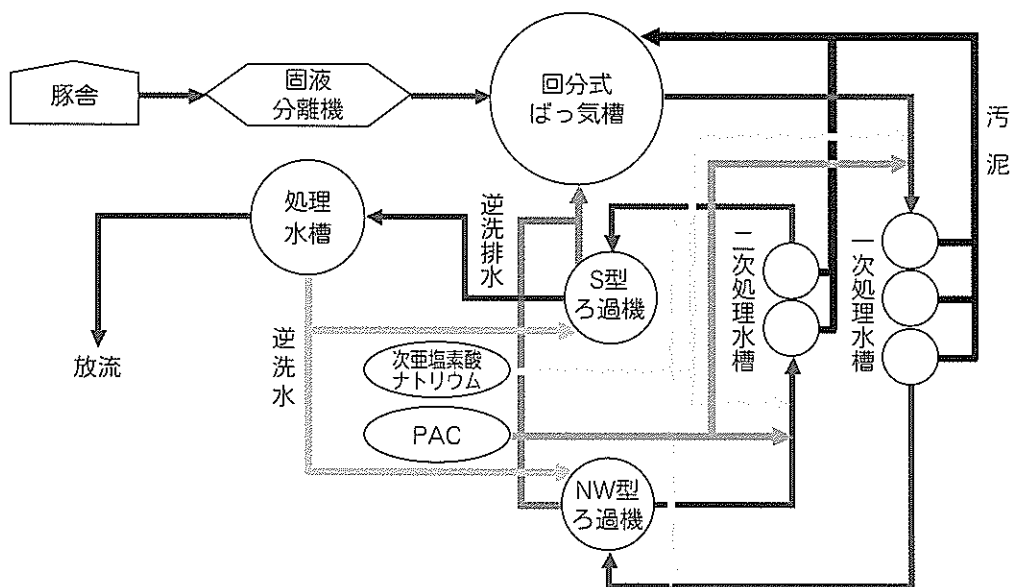
施設全景

### 3-5 「活性汚泥法等で処理した畜舎排水の脱色装置（豚）」

（群馬県畜産協会）

豚舎污水を活性汚泥法で浄化処理しても処理水には茶褐色の色が強いため、放流先で問題とされるケースがある。本装置は、処理水を次亜塩素酸ナトリウムと高分子凝集剤、濾過器を用いて脱色する装置である。装置の沈

殿槽は飼料用FRPタンクを用いて低コスト化になっており、脱色成績も茶褐色の色（色度2,000）が殆ど無色（色度9）まで処理できる。



実証施設の概略

## 2) 研究所提案課題の概要

### (1) 活性汚泥微生物による窒素低減化技術

畜舎から排出される汚水の処理は、畜産経営にとってコスト的にも、維持管理の面からも大きな負担になっている。とくに養豚経営では、汚水処理は避けてとおることはできず、また、酪農経営にあっても混住化による悪臭問題と自己所有地の減少等により、尿汚水の耕地還元が困難になっている。一方では、硝酸性窒素の規制はますます厳しくなっており、平成16年には1,500ppmの暫定値が900ppmに強化された。

ここでは、本事業の中で、汚水中の窒素を減らすということで実施された技術について紹介する。

#### ①メタノール添加による脱窒

微生物による好気的条件下で硝化後、嫌気性条件下で脱窒する生物学的脱窒法が一般に実施されている。兵庫畜技セは、ばっ気槽内へのブロワーによる間欠ばっ気法で、窒素の除去率を調べたが、62～69%と比較的低かった。この理由として、ミルカー洗浄水等のpH7.0以下の汚水が定時的にばっ気槽に流入したため硝化、脱窒作用が低下したことが考えられるとしているが、消毒薬の影響があるものと思われる。また、嫌気性条件下でメタノールを添加したが、窒素除去率は74%と低く、硝酸性窒素はかえって増加した。脱窒のためのメタノールの添加効果を高めるには攪拌操作等、それなりの条件整備が必要であることを示している。

静岡畜試では、脱窒のためのエネルギー源としてエタノール（都合によりエタノールを使用）の他に、牛乳、生ふんを比較している。

#### ②豚舎汚水の浄化処理

宮崎畜試は、養豚農家向けに回分式活性汚泥処理施設を開発した。スクレーパーによりふん尿分離された尿汚水は、回分槽で流入、

ばっ気、沈殿、排水の処理を行う。窒素除去率は、通常90%以上の成績が得られているが、寒冷期には低くなる傾向が認められており、何らかの保温対策が必要かもしれない。また、ばっ気と沈殿の短時間での頻繁な間欠運転により、汚泥と処理液の接触効率が促進され、結果として脱窒効率が高まったとしている。

京都畜技セでは、豚舎汚水を沈殿分離後に希釈して、カスケード型水路によって回分式活性汚泥処理を行った。窒素除去率は96～98%と高く、処理水の窒素濃度は100ppm以下になったが、大部分は生物学的脱窒によると考えられた。

#### ③ろ過装置、凝集剤等による窒素の低減化

埼玉農総研セ畜研では、牛舎尿汚水を液肥として還元する前に、おが屑等のろ過装置を通して脱臭とともに窒素低減を試みたが、SSおよびBODの除去率はかなり高かったものの、窒素の除去率は20%程度であった。液肥利用であるから、この程度の除去率でもよいと考えられる。

同じく、微生物処理ではないが、凝集剤と活性炭を用いる簡易浄化による牛舎排水の窒素低減を大阪食とみどり技セが試みている。BOD2,000ppm以下の低濃度汚水処理では窒素除去率は70%以上と高く、数倍希釈で放流可能となった（希釈放流には問題があると思われる）が、BOD8,000ppmの高濃度汚水では窒素除去率は33%と低く、さらに生物浄化が必要とされた。軽石を充填したカラム浄化法により、アンモニア性窒素はほとんどが硝化され、窒素除去率は73%に高まった。

#### ④特殊資材による窒素の低減化

静岡畜試は特殊な微生物および岩石を用いる簡易ばっ気法の一つである「自然浄化処理法」について検討した。この汚水処理法は県内でかなり普及している。微生物資材の添加により硝化反応が促進される傾向が認められたが、岩石の添加効果は認められなかったと



している。

## (2) 戻し堆肥の水分調整材としての有効利用技術

畜ふんの水分含量は一般に高く、多くの場合にはそのままでは堆肥発酵は難しい。そこで、畜ふんを堆肥化する場合には、水分調整材（副資材）を添加して、開始時の水分含量を60～70%程度にまで下げる必要がある。この副資材として、従来わら類が多く用いられていたが、これらの資材の入手が困難となり、替わっておが屑やバーク、もみがら等身近に入手できるさまざまな資材が用いられている。

近年、おが屑やもみがら等の副資材の入手難や費用の面から、発酵堆肥や乾燥ふんを畜舎の敷き料や堆肥化の水分調整材として用いることが多くなってきた。このように、発酵堆肥や乾燥ふんを敷き料や生ふんの水分調整材として用いることを「戻し利用」と呼び、これに用いる堆肥を「戻し堆肥」と呼んでいる。戻し堆肥利用には、いくつかの留意点がある。

戻し堆肥は水分含量が高いと水分調整材としての役割が果たせないため、戻し堆肥のみを利用する場合は、水分含量は40%以下であることが望ましい。仮に、戻し堆肥の水分含量が50%と高いと、水分が85%の乳牛ふん10トン水分調整して70%にまでするには、戻し堆肥7.5トンが必要ということになり、製品堆肥の大部分を戻しても水分調整が困難ということにもなりかねない。堆積容量、堆積面積も当然増える。戻し堆肥の利用では、先ず水分含量を如何に下げることが重要である。そのためには、別途に乾燥施設が必要となる場合もあり、他の資材との併用も行われている。

戻し堆肥を水分調整材として用いる場合の留意点の二つ目として、戻し堆肥を反復利用すると、一定水分にしたとしても、他の水分調整材とは異なり、製品堆肥の成分値は変化

するということである。一般に肥料成分は次第に濃縮されるが、この程度は、堆肥化原料にナトリウムやカリウムといった塩類を多量に含む尿がどの程度混入しているかによって大きく異なる。また、繰り返し利用によって難分解性物質も次第に分解されるため、微粉化される。これにともない容積重は高くなり、たとえ水分含量を調整したとしても通気性が悪く、発酵が進まなくなる。堆肥化処理では、容積重を10L当たり7kg以下に調整する必要があるとされる。

三つ目として、戻し堆肥の利用によって乳房炎の発生が激減したという知見もあるが、堆肥の発酵温度を十分に高めて、病原性微生物や寄生虫、雑草の種子等を死滅させないと逆効果で、かえって疾病多発や雑草の繁茂を招くことになるので、十分な配慮が必要である。

なお、戻し堆肥の水分調整材としての利用が主な課題であったが、戻し堆肥利用による生産堆肥を作物栽培に用いた場合の効果について長野畜試が実施している。戻し堆肥による堆肥は、カリウム等の濃度が一般的な牛ふん・おが屑堆肥よりも高くなるため、今後の重要な検討課題である。

### ① 乾燥ハウスで水分含量が低い「戻し堆肥」を作る

前述の通り水分含量が高い戻し堆肥は使えないので、他の副資材との併用であれば別であるが、戻し堆肥単独使用の場合は、多くとも50%以下にはしたい。それには、堆肥化の条件を整えて、水分蒸発量を最大にする工夫をする。夏期の堆肥化条件のよい時期に冬期の戻し堆肥を生産してストックすることが普通に行われているが、乾燥施設の積極的な導入もみられる。

宮城畜試では、乾燥発酵ハウスで戻し堆肥の乾燥を行っており、搾乳牛50頭規模で、厳冬期（12月～2月）に使用する戻し堆肥（水分30%）を5月～8月に生産するとした場合、約65トンの戻し堆肥が必要で、堆肥保管庫の

面積は、高さ2mで堆積するとして、約100m<sup>2</sup>と試算している。

同様に、黒磯市（現那須塩原市）・栃木畜試は浅型乾燥攪拌施設を乾燥施設として位置付け、戻し堆肥による高水分スラリーの堆肥化処理を実施している。

神奈川県畜試では、脱臭装置を組み込んだ密閉型の堆肥化ハウスで、副資材としては戻し堆肥のみで乳牛ふんの堆肥化を行っている。送風機により強制的に入排気を行うが、ハウス内の温度を維持するため、顕熱交換器を備えている。夏期の4月～10月は生産された堆肥を直接戻し堆肥として堆肥化するが、11月～3月の冬期では、別途、貯蔵した乾燥堆肥を混合して用いる必要があった。冬期に必要とする戻し堆肥の貯蔵量および保管場所の広さについても試算している。

#### ②戻し堆肥は何回まで使用が可能か

亀岡は、牛ふんおよび豚ふん堆肥の水分調整のための副資材として戻し堆肥を用いる場合に、循環利用が何回まで可能か、また、他の副資材を併用した場合はどうかについて検討している<sup>1)</sup>。その結果では、戻し堆肥のみを利用した場合は、牛ふんの堆肥化処理では5回、豚の場合は7回以上の循環利用すると堆肥化処理が困難になったが、戻し堆肥とおが屑等の副資材を牛ふんでは50%、豚ふんでは35%併用すれば通気性などの堆肥化条件が保持されて、循環利用の回数が多くても良好な堆肥に仕上がったとしている。

北里大学FSセでは肥育牛で、戻し堆肥とおが屑との混合割合および循環利用回数について検討し、副資材のうち戻し堆肥の割合を25,50および60%に変えても、生産された堆肥の品質は差が認められず、また、堆肥化試験は冬期に限定されたため戻し堆肥

の循環回数は2回と少なかったが、少なくとも2回の循環利用では大きな差がみられなかった。

長野畜試は2年間にわたって戻し堆肥利用

が生産堆肥の成分変化に及ぼす影響について検討し、最初の1年間にECは2.0～2.5倍、肥料成分は1.5～2.5倍の濃度に高まったが、その後はそれ以上高まらなかったとしている。亀岡もECについて、牛ふん堆肥で3回と5回戻しではほとんど差がなく、豚ふん堆肥ではかえって戻し回数とともに低下する傾向を認めている<sup>2)</sup>が、栄養塩類の濃度は戻し回数にともなって高まるため、戻し堆肥を利用する堆肥化では各無機栄養塩類の成分分析を行って施用量を決める必要があるとしている。

戻しが可能な回数についてはさまざまな堆肥化条件によって異なるが、肥料成分の濃度の高まりが決めるというよりも、循環利用により容積重が高まり、通気性等の物理性悪化が制限になると思われる。

#### ③厳寒期の戻し堆肥としては乾燥した未熟堆肥が効果的

従来、発酵が不十分な乾燥堆肥を戻し堆肥として使うと、水分を吸収してかえって堆肥化が困難になるとして、十分に発酵が進んだ堆肥を用いるべきであるとされている<sup>3)</sup>。ところが、宮城畜試では最初は乾燥生ふんを副資材として用い、その後、2回、3回では生産された堆肥を戻し堆肥として利用したが、乾燥生ふんの場合は乾物分解率が高く、この結果から、厳寒期には、エネルギーに富む乾燥生ふんは発酵促進効果が期待できると結論している。

戻し堆肥を発酵のどの段階で戻すかについては、さらに検討の余地があると思われる。

#### ④「コンポテスター」とBODは相関が高い

本事業では「コンポテスター」による酸素消費量の測定を堆肥の熟度判定の共通調査項目として取り上げているが、福岡農総試は、この「コンポテスター」の値と、従来から易分解性有機物の測定法として用いられてきたBODが高い相関を持つことを明らかにした。両者は原理的には同一のものであり、当然の

結果であるが、これを初めて確かめたものとして評価できる。「コンポテスター」による測定はBODよりもはるかに簡便であり、堆肥の生産過程における品質管理方法としての利用が期待できるとして、その実例を示している。

### (3) 寒冷期における堆肥の発酵促進技術

寒冷期には、堆肥発酵が一般に停滞するため堆肥化施設面積が広く必要になり、また、高温保持が難しいため、雑草種子や病原菌微生物の死滅が不完全になるなどの問題が生じている。

この対策に本事業においても取り組まれた。一つには施設や管理面からの防寒対策や切り替えし回数の適正化などであり、二つとしては堆積時の水分含量や容積重等の堆肥化条件の最適化である。既述の通り、夏期に調製した低水分堆肥を「戻し堆肥」として利用するなど寒冷期の堆肥化促進技術として重要であるが、冬期にいかにして効率よく乾燥を促進させるかの試みも多く見られる。さらには、堆肥の堆積方法を工夫して通気性を高める試験も実施された。また、本事業の課題での直接的な取り組みはなかったが、発酵を促進させる米ぬか等副産物のエネルギー源としての添加も実際には行われている。既述のように、乾燥生ふんはエネルギーに富むため厳寒期の発酵促進に有効と通じるところがある。

#### ①施設面からの発酵促進

北農研セは、施設の表面積を最小にし、二重被覆により保温を強化して、さらに蒸発潜熱の回収により舎内温度を外気温より高く保つことにより、寒冷期の堆肥化を促進させる目的で「屋根跳上式」堆肥舎を開発した。乳牛ふんと乾草・麦かんの混合物を材料として堆肥化したが、冬期間を通じて一定の内外気温差が確保され、屋根部の凍結問題も解消された。

堆肥発酵は通気により促進されるが、冬期間には入気温が低くなり、また、熱損失増大から発酵不良になりやすい。九冲農研セは、発酵1週目の暖められた空気を発酵槽に通気する加温通気システムを開発した。それにより、入気温度は外気温に比較して平均11℃上昇し、有機物分解率も向上したとしている。

厳寒期における堆肥発酵では切り返しにより内部に冷気が送られるため、発酵温度の維持に困難がともなう。北里大FSセでは堆肥化過程の攪拌方法について、コンポスターナーによる5日および10日間隔の攪拌と従来のタイヤショベルによる20日間隔の切り返しを比較し、5日間隔の攪拌が最高温度到達時間ももっとも早く、また、60℃以上の持続日数も長くなる傾向を認めた。しかし、10日間隔でも支障はなかった。

#### ②水分調整、通気性改善による発酵促進

水分調整材として「戻し堆肥」の利用が増えているが、冬期、とくに寒冷地においては「戻し堆肥」の水分含量が期待するほど低下しないという現実がある。宮城畜試は、乾燥ハウス内に送風機（インバータタイプ）を設置し、送風による乾燥効果をみているが、厳寒期の発酵促進に効果があったとしている。また、送風機の能力と電気消費量、送風機からの距離と水分蒸散量の関係等の基礎データを得た。

山形農研研修セでは、パイプハウス方式による水分蒸散量の向上技術として、送風機や反射シートの設置効果を明らかにした。また、堆肥堆積層の下に断熱シートを敷くことにより発酵熱の地下への放熱が防げる可能性を示唆している。長野畜試も同様の方式で試験を行い、厳寒期には夜間はハウス両サイドを閉鎖し、日中は開放して自然換気を促すことにより水分蒸散が促進されたとしている。

宮城県は通気性の改善としてきわめて興味ある課題に取り組んだ。すなわち、既成のコ

ンクリートパネルを用い、生分解性資材の通気筒にもみがらを詰めて埋め込むことで通気を図り、切り返し作業をせずに堆肥化するというものである。厳寒期の1月においても60～70℃の発酵温度を確保しているが、通気筒なしの対照区においてもそこそこの温度上昇をみており、その効果についてはさらに検討を要すると思われる。堆肥化施設の床材として、コンクリート、カキガラおよび砂について検討したが、砂は床材として不適と判断された。

通気性の改善では、鹿児島畜試は発酵槽の床面にラップサイレーズ等の廃棄粗飼料を敷き、あるいは竹製の通気管を設置してその効果をみている。いずれの処理区とも対照区に比較して、堆肥品温が60℃以上の累計時間は著しく長くなり、乾物分解率も高まる傾向が認められた。

### ③寒冷期に堆肥の腐熟はどの程度進むか

北海道畜試は乳牛ふん堆肥を堆肥舎で切り返しせずに越冬させた場合にどの程度腐熟が進むかを調べた。期間を通じて堆肥品温の大きな上昇はみられなかったが、気温（室温）よりも高く推移し、最低品温は5℃程度であった。また、乾物分解率は0.02～0.07%/日で、気温が-10℃程度の厳寒期にあっても凍結することなく、堆肥の腐熟はゆっくり進行する。

## (4) ふん尿処理施設からの臭気低減化技術

畜舎や堆肥舎、スラリータンク等から発生する臭気をいかに抑え、また、脱臭するかは畜産経営にとってきわめて重要な課題である。臭気の発生を抑制する目的で、各種の経口投与型あるいは散布型の資材が市販されている。この抑制効果については議論のあるところであるが、本事業においては、臭気発生を抑制するというよりは、一度発生した臭気をいかに脱臭するか重点を置いて取り組んだ。中心は堆肥脱臭、土壌脱臭であるが、特殊な資

材に臭気成分を吸着させて脱臭する方法もいくつかある。

### ①堆肥脱臭

堆肥発酵の開始後2週間程度はきわめて高濃度のアンモニアを主成分とする悪臭が発生する。そこで、九州農研セは出来上がった堆肥の悪臭吸着能を利用する簡易な脱臭システムを開発した。アンモニアの大部分は堆肥に吸着され（除去率97%）、硫黄化合物類の除去率も80～95%と高かった。この吸着堆肥は肥料成分が高まり、減化学肥料栽培の可能性が示唆された。

宮城畜試は堆肥脱臭法とともに水洗脱臭法を試みた。いずれにおいてもアンモニアの除去率は98%と高かったが、水洗脱臭には大量の水が必要になるとともに、高濃度にアンモニアを含んだ処理水の処理が問題となり、また、冬期には凍結の恐れがある。そのため、水洗脱臭法よりも堆肥脱臭法が適していると結論している。

### ②土壌脱臭

土壌脱臭は、臭気成分を吸着・保持して土壌微生物によって分解・脱臭するものであり、土壌は入手しやすいためロックウール等の代替として広く普及している。黒磯市（現那須塩原市）・栃木畜試は、乳牛スラリーを攪拌ばっ気する際に発生する臭気を捕集して土壌脱臭槽に導いて脱臭処理を行っている。導入されるアンモニアがかなり高濃度であっても土壌脱臭槽の上部で検出されることはなかったとしている。硫化水素も検出限界以下であった。ただし、土壌表面が硬化した場合には土壌を切り返して通気性の改善を図る必要がある。

発酵乾燥ハウスを利用した堆肥化では、冬期においては施設を開放しないため臭気対策が必要になる。この脱臭法として、長野畜試はU字溝を利用した土壌脱臭法を試みた。パイプハウスの両サイドを閉鎖し、さらに、内

部をポリフィルムによる二重被覆構造とし、その中の臭気を吸気口からU字溝を裏返しにして埋没した脱臭槽に導いた。この脱臭装置稼働時のパイプハウス内のアンモニア濃度は、稼働を停止しパイプハウスの両サイドを開放した場合のアンモニア濃度と比較しても約2/5であった。

### ③ロックウールに代わる新しい資材の検索

養豚や養鶏では小規模でかつ水分調整資材が不要である密閉縦型堆肥化装置が普及しているが、このタイプの堆肥化装置では排気中の臭気濃度が高いため脱臭槽が付設されている。この脱臭槽の充填材にはおが屑や木材チップ等が一般に用いられているが、物理的な水への溶解力に主として依存しているため、暫くすると脱臭が不完全になり問題となる場合が多いとされる。永続的な脱臭技術としてロックウールを利用した微生物脱臭技術が知られているが、群馬畜試はその代替資材について検討した。その結果、軽石および軽量発泡コンクリート（ALC）が有望であり、ロックウール方式と比較して、脱臭槽の規模および充填資材のコストははるかに下がり、消費電力も軽減される見込みがあることが分かったとしている。

三重科技振セは、ロックウール代替資材として、木質廃材を蒸煮爆砕処理した解繊物について検討している。この解繊物はハニカム構造をもった多孔質資材であるため、ロックウールや群馬畜試で検討している軽石やALCと同様に微生物の担体機能を有する。アンモニアの吸収能は、蒸煮爆砕の条件によって程度は異なるが、おが屑より高い。

### ④酸化チタンフィルムを利用した脱臭システム

神奈川畜研は閉鎖型の堆肥化ハウスから発

生する臭気を微生物脱臭と酸化チタン脱臭の2種類の脱臭方法で処理している。微生物脱臭では臭気をシャワーノズルで硝化細菌等と接触させ、その後菌液槽で処理する。菌液は定期的に交換する必要があるが、この過程で全体のアンモニアの90～95%は除去される。酸化チタン脱臭槽は堆肥ハウスの屋根を二重構造として、酸化チタン塗料を塗布して、太陽の紫外線でアンモニアを分解する。当初の構想では、酸化チタン脱臭槽で、全体のアンモニアのうち5～8%を除去することになっている。畜産分野でこの酸化チタンを脱臭資材として利用するには、耐久性、コスト、処理性能等、今後検討すべき課題は多いと思われる。

### ⑤特殊な微生物で処理した汚水処理液の消臭効果

特殊な微生物資材を利用して汚水処理した処理液を畜舎や堆肥舎に散布すると、臭気が軽減されるとの風説があり、この方法は地域によってはかなり普及している。これを確かめるため、静岡畜試は特殊な微生物資材および岩石を用いる簡易ばっ気処理（「自然浄化法」）の処理液を乳牛生ふんおよび堆肥に散布して臭気軽減効果を調べたが、顕著な効果は認められなかった。ただし、スラリータンクにこの処理液を還元するとスラリーの臭気指数が低減する傾向がみられており、さらなる研究が必要とされよう。

### 引用文献

- 1) 亀岡俊則、研究成果情報集、(財)畜産環境整備機構畜産環境技術研究所、23～24、2003.
- 2) 島中哲哉・伊吹俊彦、堆肥の戻し利用（戻し堆肥）、畜産環境対策大事典（第2版）、農文協、150～155、2004.



### 3) 効率的処理技術情報システム整備事業

利用技術は  
次頁下部を  
参照して下さい

畜産環境技術研究所のホームページで公開している事例一覧（平成17年2月現在）

北海道	施設の名称・特徴	畜種	利用技術
	JA東もこと堆肥センター JA東もこと液肥センター	牛 豚	
	環境に配慮したシンプルな屋根付き堆肥舎	牛	C
	廃体畜館を利用した堆肥舎とD型ハウス発酵槽 堆肥舎を併用した良質堆肥生産	牛	C
	簡易液肥施設での尿の液肥化処理	牛	A B C
青森県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術
	通気式発酵堆肥舎+ソーロータリーエンドレス ロータリー型堆肥発酵槽	鶏	C
	スクリュースプレ式固液分離機+堆肥舎+尿ばっ 気槽	牛	C
	牛糞連続完熟堆肥化による戻し利用	牛	A C D
	ロータリー型堆肥発酵槽による良質堆肥生産	鶏	C D
	飼料タンクを用いた低コスト豚尿処理システム	豚	B
岩手県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術
	鶏糞焼却処理施設（流動床炭化炉）	鶏	A C
	大迫町堆肥製造施設（通気式スクープ型攪拌施 設）	牛 豚 鶏	A E
宮城県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術
	ロータリー型攪拌移送機（深型）	牛	C
	本吉町有機肥料センター	牛 鶏	A E
	平面堆積型（吸気・送気）微生物発酵方式による 高品質堆肥生産	牛 豚	A B C E
	エコハウスシステムによる良質コンポスト生産	牛	A C
	全国に先駆けた糞尿・臭気対策新技術の導入で 大規模精密養豚経営の実現へ	豚	A B C D
	スクープ攪拌発酵方式による資源循環型有機堆 肥生産	牛 豚	C E
	強制発酵堆肥施設による良質堆肥生産と環境保 全型農業の取り組み	豚	A C
秋田県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術
	直線スクープ堆肥発酵処理施設	豚	B C D
	自然浄化法リアクターシステム（活性汚泥法） 浄化処理施設	豚	B D
	平鹿町有機センター	豚 鶏	
	協和町家畜排泄物処理施設	牛	
	皆瀬村畜産経営環境整備施設（皆瀬村堆肥セン ター）	牛	A C
	発酵処理機械によるミキシング、加圧混練効果 により、有効性の高い良質堆肥の生産	牛 豚	A B
	羽後ユーク（直線ロータリー方式による堆肥発 酵と、貯留熟成による良質有機堆肥）	牛 豚	A B C
	ゆり高原ふれあい農場	牛	
山形県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術
	羽黒町高品質堆肥製造施設	牛 豚 鶏	A
福島県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術
	スクープ型堆肥発酵槽+堆肥舎	牛 豚	C
	本宮町堆肥センター	牛 豚	A E
	園分農場（有）	牛	A C
	ロータリー型堆肥発酵槽	鶏	A C
茨城県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術
	下林堆肥生産利用組合	鶏	A B C D

栃木県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術
	高速堆肥化方式	牛	A
	堆肥舎+自走式堆肥攪拌機	牛	C
	サイロクレーンによる省力堆肥製造	牛	C
	今牧場	牛	B C
	ロータリー型堆肥発酵槽+ロータリー型堆肥乾燥槽+ 通気式発酵堆肥舎利用による堆肥リサイクルシステム	牛	C
群馬県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術
	J A赤城たちばな敷島堆肥センター	牛 豚 鶏	C
	ロータリー型乾燥施設+ロータリー型発酵施設	牛	C
	白沢村堆肥施設管理組合	牛 豚	
	ロータリー式発酵槽による良質堆肥生産と中空 糸膜利用尿浄化処理施設	豚	B C
	固液分離機により分離した乳牛ふん尿の堆肥化 処理と液肥化処理	牛	C
	粒状堆肥化処理	豚	
	低コスト汚泥水処理	豚	B
埼玉県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術
	畜舎汚水の公共下水放流及び牛ふんのビニール ハウス簡易乾燥による低コスト処理	牛	C E
	低コストオープン式発酵攪拌処理機KS6-1300型	牛	A C D
千葉県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術
	地域内で発生する低水分チップとロータリー型 発酵槽を活用した堆肥生産	牛	
	乾燥ハウスによる糞尿の水分調整と発酵・切り返しを 組み合わせた高品質堆肥の生産及び循環型酪農の実践	牛	A C E
	九十九里堆肥生産利用組合	牛	
東京都	施設の名称・特徴	畜種	利用技術
	密閉式鶏糞発酵処理施設（投入用バケットエレ ベーター・取付用ベルトコンベアー付）	鶏	A C
	密閉式急速発酵機（コンボ）脱臭槽付	豚	C
神奈川県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術
	葉山酪農肥育組合	牛	C E
	石川養鶏場	鶏	A C E
山梨県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術
	微生物資材を利用した低コスト液肥化処理施設	牛	B E
新潟県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術
	回分式活性汚泥法（複合ラグーン改良方式）	豚	B
長野県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術
	原村堆肥センター	牛	C
	オガコ汚泥ろ床式尿汚水蒸気散散施設	豚	A B E
	三郷村堆肥センター	牛 豚	A C
富山県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術
	開放・円型堆肥化装置	鶏	C E
	開放直線型強制発酵施設（スクープ、ロータリー）	鶏	C E
岐阜県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術
	通気式発酵堆肥舎+ロータリー型堆肥発酵槽	牛	A B C
	J Aひがしみの福岡堆肥センター	牛 豚	C

静岡県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術			
	膜浸漬型活性汚泥処理によるバーラー排水処理	牛			B	
	発酵熱源乾燥機を利用した堆肥生産事例	牛		A		
	自動攪拌機を利用した堆肥生産事例	鶏	A			
	コンボ型急速発酵乾燥機による鶏糞の堆肥化	鶏	A	B	C	
	メッシュバッグによる豚ふん堆肥化	豚			C	
	大湖堆肥生産利用組合	牛			C	
愛知県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術			
	ロータリー型発酵施設	鶏	A	B	C	D
	半田市グリーンベース生産組合	牛			C	
三重県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術			
	天日乾燥式ハウス+縦型密閉式強制発酵装置+発酵堆肥舎	鶏			C	
	初期水分調整を乳肉ふん尿混合で行い品質管理に拘った堆肥作り	牛				
滋賀県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術			
	縦型密閉式発酵装置+堆肥舎	牛		A		C
	密閉式堆肥舎	牛			B	
	通気式発酵堆肥舎	牛				
京都府	施設の名称・特徴	畜種	利用技術			
	スクープ式発酵堆肥舎	牛	鶏	A		C
	宇治市酪農組合	牛				C
	八木バイオエコロジーセンター・メタン発酵によるバイオガス発電及び消化液の液肥・堆肥プラント	牛 豚 鶏		B		E
大阪府	施設の名称・特徴	畜種	利用技術			
	天日乾燥処理施設+強制発酵施設+尿蒸散施設	牛			B	C
	天日乾燥処理施設+発酵堆肥舎+尿汚水運搬バキュームカー	牛				
	密閉縦型発酵処理機+通気式発酵堆肥舎+ミストセパレーター+脱臭装置+土壌脱臭施設+活性汚泥汚水処理	牛		A	B	C
兵庫県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術			
	通気式発酵堆肥舎	牛				C
	佐用町立土づくりセンター	牛				C
	有機農業センター	牛		A		
	堆肥舎	牛				C
	小野市有機資材生産組合堆肥センター	牛		A		
	N牧場	牛		A		C
	有機物供給施設(通称:おおや高原共同堆肥舎)	牛				C
	寺内堆肥生産組合	牛		A		C
奈良県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術			
	ロボタイ・レスト(天然ミネラル)処理発酵施設	鶏	A		C	
	エンドレス型ロータリー発酵乾燥施設	豚	A		C	D E
	スクープ式エンドレス型攪拌機プロアー付発酵施設	牛		A		C
	ハウス攪拌乾燥+急速発酵施設+密閉型急速発酵施設	牛		A		
島根県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術			
	堆積発酵舎	牛				C
	円形旋回式攪拌機	牛				C

岡山県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術			
	攪拌スクープ式+強制通気方式	牛 豚 鶏			C	E
	久米町堆肥処理施設「ゆうきの丘」	牛				
	ローダーによる切返しのみで生産する良質堆肥	牛				E
広島県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術			
	通気式堆肥舎で粉碎もみ殻利用による良質堆肥生産	牛				E
山口県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術			
	地域耕種農業と連携する肉用牛肥育経営	牛				
	豊田町グリーンファクトリー	牛		A	C	E
	強制発酵装置(スクープ式)による戻し堆肥の製造と良質堆肥生産	牛				C
	共同堆肥センター整備による肉用牛増頭と土づくりの推進	牛				
香川県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術			
	通気式発酵堆肥舎	牛				
高知県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術			
	家畜排せつ物と生ゴミ等の一体処理	牛				C
福岡県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術			
	耕種農家との連携による堆肥生産コストの低減	牛				
	傾斜地を利用した低コスト堆肥舎	牛				
	環境保全型農業の確立	牛				
	売れる堆肥づくりと敷料としての戻し堆肥活用	牛				C
	上西郷堆肥センター	牛				E
	中島農産堆肥センター	豚				
佐賀県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術			
	戻し堆肥による、ロータリー型通気式発酵処理良質堆肥生産	牛				E
長崎県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術			
	カルチャー堆肥	牛		A		C
	飯盛ゆうきセンター	牛 豚 鶏				
熊本県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術			
	簡易低コスト家畜排泄物処理施設	牛		A	C	E
大分県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術			
	ロータリー型堆肥発酵槽による良質堆肥生産	鶏	A			
	(農)大分市東部畜産環境保全組合	牛				
宮崎県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術			
	国富町クリーンセンター	牛 豚 鶏	A			
	発酵促進剤利用と強制通気による良質堆肥生産	牛				C
鹿児島県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術			
	土着菌を利用した肉用堆肥生産	牛				E
	JAIずみ有機センター	牛 豚				
沖縄県	施設の名称・特徴	畜種	利用技術			
	回分式活性汚泥法	牛 豚	A	B	C	D E

利用技術 C: 堆肥化等再利用技術  
A: 悪臭防止技術 D: 窒素・リン排出抑制技術  
B: 排水浄化・脱色技術 E: その他

#### 4) 全国の堆肥センターで生産された家畜ふん堆肥の実態調査の概要

家畜排せつ物を適切に処理して、堆肥等を利用した土づくりなど、資源循環に向けた取り組みがますます重要性を増している。一昨年12月に公表された農林水産環境政策の基本方針でも、物質循環の促進による環境保全の重視が基本とされている。

当研究所では、こうした状況を踏まえて、平成12年度から、農林水産省の指導のもとに都道府県関係者および各堆肥センターの協力を得、全国の堆肥センターで生産された堆肥の品質実態調査を実施した。平成16年12月までの5年間に全国の堆肥センターから送付された家畜ふん堆肥を成分分析し、データベース化するとともに、畜種、副資材、処理方式、季節、地域、処理規模等に分けて集計、解析して、このたび財畜産環境整備機構から「報告書」<sup>1)</sup>として公表された。

本稿は、その実態調査の結果の概要について

を紹介する。表1には今回の調査の分析点数を畜種別に示した。乳用牛と肉用牛が多く、豚や鶏、とくにブロイラー鶏ふん堆肥は27点と少なかった。一方、複数の畜種の混合堆肥が1/3以上を占めているが、これは堆肥センターで生産された堆肥の特徴である。

表1 畜種別の堆肥分析点数

畜種	分析点数
乳用牛	319
肉用牛	303
豚	144
採卵鶏	129
ブロイラー	27
複数畜種	580
全体	1,502

##### (1) 畜種による堆肥成分値の違い

畜種によって堆肥の成分値に特徴があることはいうまでもない。表2には、乳用牛、肉

表2 畜種別の堆肥分析値

畜種	試料数	集計方法	水分 %	灰分 %	pH	EC ms/cm	アンモニア態窒素 mg/kg	全窒素 %	全炭素 %	C/N比	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %	CaO %	MgO %	銅 mg/kg	亜鉛 mg/kg	発芽率 %	酸消費量 μg/g/min
乳用牛	319	平均	52.3	28.7	8.6	2.4	349	2.2	36.6	17.6	1.8	2.8	4.4	1.5	50	167	97.0	1.7
		最大	82.9	73.8	9.7	7.7	4,971	5.6	46.3	40.8	13.3	7.7	18.8	6.6	906	893	100.0	8.0
		最小	15.7	10.1	7.0	0.2	5	0.9	17.2	7.0	0.5	0.2	0.7	0.3	5	43	70.3	0.0
		標準偏差	14.0	11.4	0.6	1.2	489	0.7	6.4	5.2	1.1	1.2	2.2	0.8	72	93	6.5	1.3
		平均	52.2	23.3	8.2	2.6	646	2.2	39.3	19.0	2.5	2.7	3.0	1.3	31	149	96.4	1.5
肉用牛	303	最大	76.6	57.7	9.5	6.2	6,155	4.1	45.6	39.3	6.7	7.1	33.9	3.8	313	575	100.0	8.0
		最小	10.5	11.2	5.3	0.3	7	0.9	19.3	9.6	0.5	0.4	0.5	0.1	3	35	70.0	0.0
		標準偏差	13.0	8.3	0.8	1.2	672	0.6	4.6	5.4	1.2	1.0	2.8	0.6	27	76	7.1	1.3
		平均	36.7	30.0	8.3	3.6	1,509	3.5	36.5	11.4	5.6	2.7	8.2	2.4	226	608	91.0	2.7
		最大	72.0	74.2	12.7	7.6	8,354	7.2	45.6	26.6	22.7	6.6	49.3	5.5	654	1,956	100.0	16.0
豚	144	最小	16.6	10.4	5.5	0.7	14	1.4	20.2	6.0	1.6	0.3	1.8	0.7	45	191	4.4	0.0
		標準偏差	13.1	9.9	1.1	1.3	1,308	1.1	4.7	3.8	2.8	1.1	6.5	1.0	112	332	19.5	3.1
		平均	22.9	50.3	8.9	4.9	1,429	2.9	26.2	9.5	6.2	3.6	25.8	2.2	58	435	90.8	3.9
		最大	58.7	74.5	10.1	14.6	5,623	6.2	39.2	21.5	20.9	5.8	53.4	5.1	108	843	100.0	14.0
		最小	6.4	25.8	7.4	1.1	26	1.4	16.8	4.9	1.7	1.2	1.6	0.3	11	172	58.3	1.0
採卵鶏	129	標準偏差	10.2	10.4	0.5	1.5	1,098	0.9	4.9	2.8	2.5	1.0	10.3	0.8	17	138	17.6	3.3
		平均	33.0	27.5	7.9	5.0	2,969	3.8	37.4	10.6	4.2	3.6	8.9	1.9	68	351	67.5	6.2
		最大	60.1	58.4	9.7	7.6	8,339	5.6	43.7	20.1	9.2	7.6	28.0	2.9	114	658	100.0	22.0
		最小	15.4	15.6	5.8	0.6	11	2.1	21.6	7.3	1.0	1.1	4.2	0.7	31	126	0.0	0.0
		標準偏差	12.8	11.0	1.1	2.0	2,505	1.1	5.6	3.5	1.8	1.4	6.3	0.5	21	138	41.3	7.2
ブロイラー	27	平均	45.6	27.6	8.5	3.1	768	2.5	37.6	16.4	3.2	2.9	6.0	1.5	68	255	94.2	2.0
		最大	78.8	62.6	9.8	8.0	4,814	8.1	53.1	44.3	13.4	7.5	28.3	5.7	414	1,213	100.0	23.0
		最小	5.4	4.7	5.2	0.2	4	0.9	17.4	3.9	0.1	0.2	0.5	0.1	5	19	11.9	0.0
		標準偏差	14.4	9.2	0.6	1.4	763	0.9	4.8	5.7	1.9	1.1	4.5	0.8	58	165	14.4	2.4
		平均	45.3	29.1	8.5	3.1	826	2.5	36.6	16.0	3.3	2.9	7.0	1.6	71	266	94.2	2.2
複数畜種	580	最大	82.9	74.5	12.7	14.6	8,354	8.1	53.1	44.3	22.7	7.7	53.4	6.6	906	1,956	100.0	23.0
		最小	5.4	4.7	5.2	0.2	4	0.9	16.8	3.9	0.1	0.2	0.5	0.1	3	19	0.0	0.0
		標準偏差	16.0	11.9	0.7	1.5	989	0.9	6.1	5.9	2.2	1.1	7.7	0.8	81	211	14.5	2.6
		平均	45.3	29.1	8.5	3.1	826	2.5	36.6	16.0	3.3	2.9	7.0	1.6	71	266	94.2	2.2
		最大	82.9	74.5	12.7	14.6	8,354	8.1	53.1	44.3	22.7	7.7	53.4	6.6	906	1,956	100.0	23.0
全体	1,502	最小	5.4	4.7	5.2	0.2	4	0.9	16.8	3.9	0.1	0.2	0.5	0.1	3	19	0.0	0.0
		標準偏差	16.0	11.9	0.7	1.5	989	0.9	6.1	5.9	2.2	1.1	7.7	0.8	81	211	14.5	2.6

\* 水分およびアンモニア態窒素は現物中、それ以外は乾物中含量  
 \*\* 現物堆肥と蒸留水を1:15で懸濁させて測定、常法<sup>9)</sup>(風乾堆肥と蒸留水を1:10)によるECへは次式で補正できる。  
 常法によるEC=1.45×本調査によるEC+0.049×水分(%)-0.37



用牛、豚、採卵鶏およびブロイラーのふん(尿)を原料とした堆肥の成分を示した。水分以外は、乾物中の含量で示している。

### ①水分

堆肥の品質で備えるべき条件<sup>2,3)</sup>として先ず挙げられるのが「水分が適度であること」であり、堆肥を使う側にとってはきわめて重要な要因である。水分は、乳用牛および肉用牛で高く、いずれも50%を超えている。採卵鶏でもっとも低く、豚とブロイラーはその中間となっている。生産される堆肥の水分は主として堆肥の製造方法の違いによるものと考えられる。図1には、畜種毎に、堆肥化処理方式の割合を示したが、肉用牛では堆積型が多く、採卵鶏や豚では、乾燥の進む密閉型発酵方式が比較的多く用いられている。同じ鶏でもブロイラーは堆積発酵方式が多い。

### ②灰分(無機物含量)

灰分は牛で低く、豚と鶏で高いが、特に採卵鶏では乾物の約半分が灰分である。これは、採卵鶏の飼料が、カルシウムやりん含量が高いことによるもので、採卵鶏堆肥のカルシウムやりん濃度に反映され、とくにカルシウム含量は25.8%と他の畜種に比較して著しく高い。

### ③pHと電気伝導率(EC)

pHは畜種によって大きな差異は認められ

ない。ECは堆肥に含まれる無機塩類の濃度を反映しているが、牛で低く、鶏で高く、豚はこの中間である。鶏の場合は、ふんと尿と一緒に糞排せつ口から排せつされるためふん尿混合で堆肥化されるが、尿中にカリやナトリウムが多いため堆肥のECは高くなる。牛や豚でも、堆肥化原料に尿が多く混合されていたり、尿を散布して発酵熱で水分を蒸発させるなどの処理を行ったときは当然ECも高くなる。副資材としておが屑やもみ殻を使用した場合に、これらによる希釈効果があり、牛で豚や鶏よりもECが低いのは、これらの副資材の利用割合が高いことによるものであろう(図2)。副資材使用せずは豚、鶏で多く、採卵鶏では6割以上の堆肥が副資材を使用していない。牛、豚では半分以上の堆肥が複数の副資材を使用しているが、その多くはおが屑あるいはもみ殻と戻し堆肥との組み合わせと思われる。

ECの測定法について、表2の脚注にあるように、常法では風乾堆肥と蒸留水の比率を1:10で懸濁させて測定している<sup>9)</sup>ところを、本調査においては、現物堆肥と蒸留水を1:15で懸濁させて測定している。したがって、表2のECの測定値は、常法によるものよりもそれだけ希釈されているわけで、表2の脚注にある換算式を用いて補正すると、乳用牛、

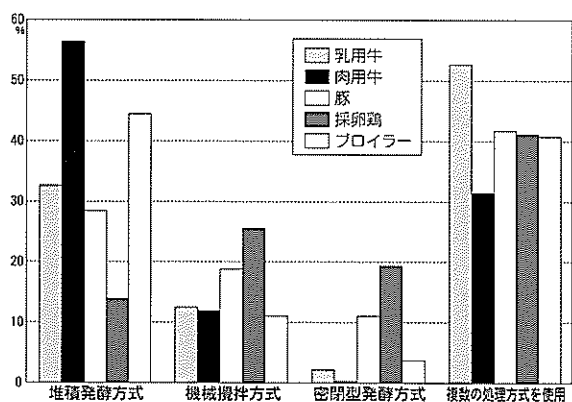


図1 畜種別にみた各種堆肥化処理方式の割合(%)

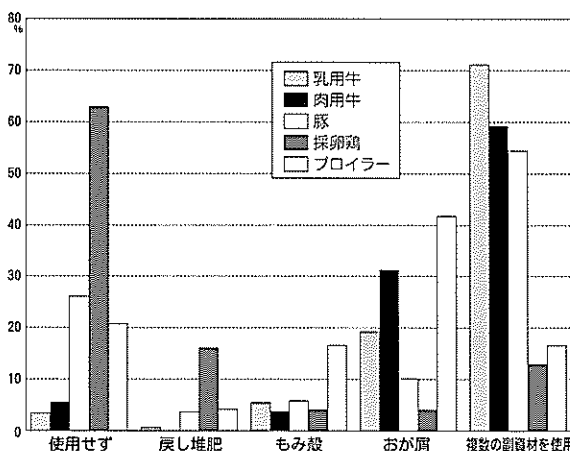


図2 畜種別にみた各種副資材の割合(%)

肉用牛、豚、採卵鶏、ブロイラーおよび複数畜種のECの平均値は、それぞれ、5.7、5.9、6.6、7.9、8.5および6.4、堆肥全体では6.3となった。表4では、約10年前に農業研究センターが調査したたい肥の分析データとの比較を行っているが、ECはいずれの畜種でも、ほぼ同等の値となっている。このことは、この約10年間でたい肥のECはほとんど変化していないことを示している。

#### ④アンモニア態窒素

堆肥の品質として「臭気が強くないこと」も重要な要因である。堆肥臭気の主成分の一つであるアンモニア態窒素は、ブロイラー堆肥中には平均約3,000mg/kgときわめて高い。次いで豚と採卵鶏が続き、乳用牛と肉用牛では低い。また、アンモニア態窒素濃度は堆肥の腐熟度の一つの指標でもあり、後述するように、ブロイラー堆肥の発芽率は低く、易分解性有機物の含有程度を示す酸素消費量は高くなっている。堆肥の臭気を減らすには、腐熟を十分に行うことが欠かせない。

#### ⑤全窒素および全炭素含量とC/N比

全窒素含量は牛で低く、豚や鶏で高い。全炭素含量は、採卵鶏では他の畜種に比較して約10%単位低くなっているが、これは採卵鶏での灰分含量が著しく高いことと対応している。C/Nは、牛で高く、豚や鶏で低くなっている。これは、牛ふんそのもので繊維質が多いためC/N比が高くなることもあるが、牛ふん堆肥では図2にみるように豚や鶏に比較して副資材を使う割合が多いことも関係している。

#### ⑥りん酸、カリ、カルシウムおよびマグネシウム

肥料成分の5要素のうち、りん酸、カリ、カルシウムおよびマグネシウムについては、灰分やECの傾向と類似しており、一般に、牛で低く、豚と鶏で高い。

#### ⑦銅と亜鉛

銅と亜鉛は、いずれも作物にとっては必須元素であるが、むしろ過剰が問題になる。家畜ふん堆肥は、肥料取締法上は特殊肥料に位置づけられ、含有成分の公定規格は設定されていないが、豚ふんや鶏ふんを原料とし、銅、

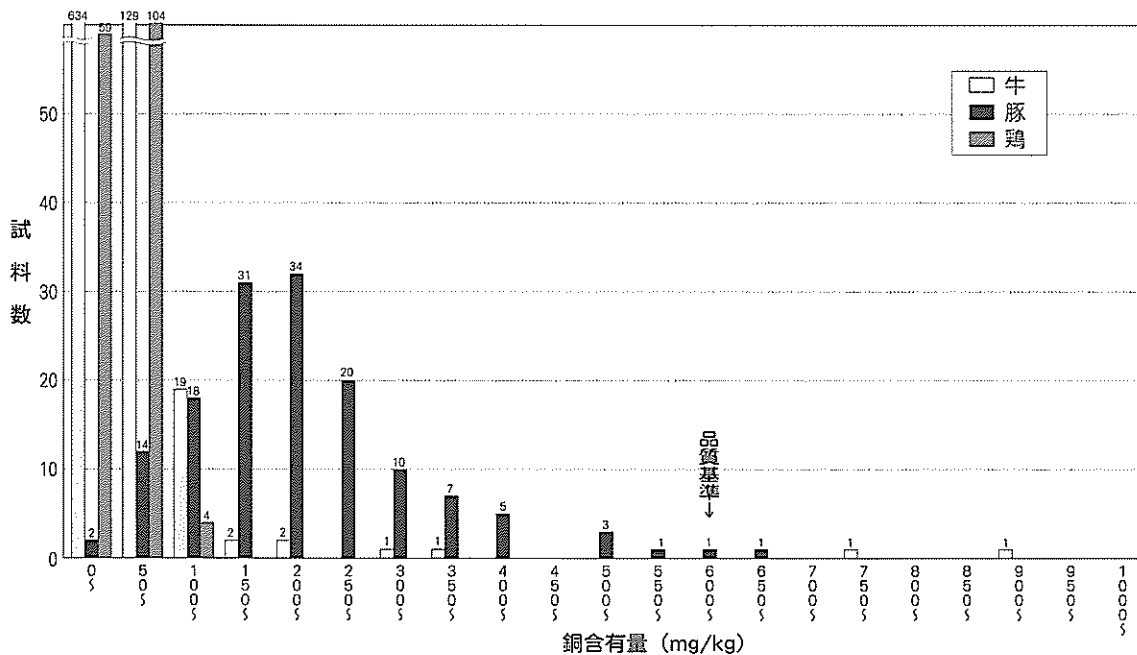


図3 畜種別にみた堆肥中の銅含有量（乾物中）の階級分布

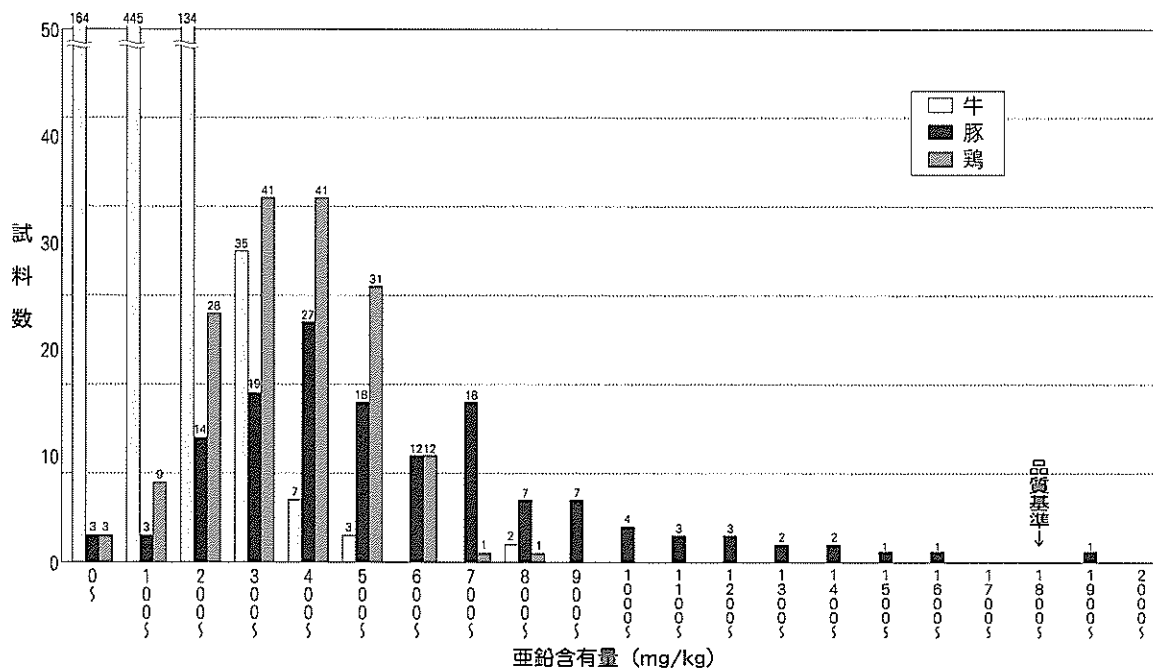


図4 畜種別にみた堆肥中の亜鉛含有量（乾物中）の階級分布

亜鉛を一定量以上（銅は現物 1 kg 当たり 300 mg 以上、亜鉛は同じく 900 mg 以上）含む場合はその濃度を表示する義務がある。一方、全国農業協同組合中央会（全中）による品質基準<sup>5)</sup>では、堆肥中の銅および亜鉛は、それぞれ、600 mg/kg および 1,800 mg/kg（いずれも乾物中）となっている。

図3および図4によると、豚ふん堆肥では、銅および亜鉛とも他の畜種に比較して著しく高くなっている。これは、子豚の飼料には成長促進の目的で一般に銅が添加されており、飼料中の銅を高めるとそれにつれて亜鉛の濃度も高める必要があるためである。平均値をみると全中による品質基準<sup>5)</sup>よりかなり低くなっているが、基準値を超えた堆肥も数点みられた。すなわち、銅では乳牛ふん主体の堆肥を生産している1事業所からの季節が異なる2検体（乳牛ふんの他に特殊な活性炭を混合している）および豚ふん堆肥生産の1事業所からの生産年度が異なる2検体で、ここでは、豚ふん堆肥を水分調整の「戻し堆肥」として繰り返し使っている。また、亜鉛では基

準値を超えたのは1検体であったが、豚ふん尿の活性汚泥処理の余剰汚泥を豚ふんと混合して堆肥化していた。このように、基準値<sup>5)</sup>を超えた堆肥にはそれなりの理由がある。家畜ふんに一般的な副資材を使っている限りこのようなことはありえないが、特殊な副資材の混合、あるいは「戻し堆肥」の多量な反復使用の場合にはこの基準値を超える恐れがあるので、チェックが必要である。

さらに、農用地の管理基準として、「農用地における土壤中の重金属等の蓄積防止に係る管理基準」（昭和59年11月、環境庁水質保全局長通達）では表層土（表面から約15cmまで）乾土1 kg 当たり亜鉛120 mg と定められている。銅については、「土壤汚染に係る環境基準」（平成13年3月、環境庁告示第16号）で、農用地（田に限る）土壤（乾土）1 kg につき125 mg と定めている<sup>6)</sup>。ここで、銅よりも一般に堆肥中に多く含まれる亜鉛について、農用地の管理基準に達するまでにどの程度の堆肥が投入できるか試算してみる。堆肥の亜鉛含量は豚ふん堆肥の平均値600 mg /

乾物kgとし、表層土に施用した亜鉛は流失がない、表層土および堆肥の水分含量は、それぞれ、30および45%とする等のいくつかの前提のもとに試算すると、10aの土壤に約38tの現物堆肥が投入できることになる。河原らは、亜鉛および銅含量が、それぞれ、約1,000および約200mg/乾物kgの堆肥を飼料畑に1年間にわたって10t/10aと大量施用して、土壤中の亜鉛および銅含量を調べたが、土壤中の亜鉛含量は直線的に増加し、そのまま増加すれば約3年、約30tの投入で土壤の管理基準を超える<sup>7)</sup>としている。土壤中の銅含量には、大量施用によっても経時変化は認められなかった<sup>7)</sup>。以上のように、銅や亜鉛の濃度が平均的な豚ふん堆肥であれば、土壤に豚ふん堆肥を数回入れた位ではこの量には達しないが、長期間連用すれば徐々に蓄積され、いずれはこの基準を超えることになりかねないので、定期的な土壤分析が必要と考えられる。

豚ふん堆肥中の銅や亜鉛の含量を引き下げる努力も行われている。「銅、亜鉛等を含有する飼料の取り扱いについて」（平成10年3月畜産局長通達）を受けて、飼料製造業界は自主規制値（上限規制値）の見直し、低減化を行った。哺乳期子豚育成用（体重30kg以下）では、銅125ppm(mg/kg)、亜鉛120ppmとなっている<sup>8)</sup>が、最近の離乳子豚を用いた研究によると、銅の添加量は自主規制値である125ppmの約半量の60ppmでも発育は差がなく<sup>9,10)</sup>、自主規制値の半量程度には低減できる可能性があるとの成績が出されている。銅が減ればそれにともない亜鉛の添加量を減らすことができ、銅や亜鉛の大部分（95%以上）はふん中に排せつされる<sup>8)</sup>ため、これらの堆肥中の含量も減ることになる。

安心して使って貰える堆肥の生産のためには、環境保全の観点から銅や亜鉛の添加量と発育との関連の研究をさらに進めるとともに、養豚農家もこれらの研究成果を積極的に取り

入れ、銅や亜鉛の排せつ量をできるだけ減らす努力をすべきであろう。

#### ⑧堆肥の腐熟度の判定、発芽率と酸素消費量

堆肥の腐熟度を判定する項目として、発芽率と「コンポテスター」による酸素消費量を取り上げた。発芽率は、植物の発育阻害物質の有無を評価するものであり、酸素消費量は易分解性有機物含量の指標である。

コマツナによる発芽率の平均値は、ブロイラー以外の畜種ではいずれも90%を超えて良好であったが、ブロイラーは67.5%と低くなった。ブロイラー堆肥では、アンモニア含量が著しく高く、また、酸素消費量も畜種の中ではもっとも高くなっているところから、腐熟が十分進んでいない「未熟」堆肥が多かったと考えられる。

酸素消費量を調査した689点の堆肥の測定結果を図5に示した。酸素消費量は数値が低いほど易分解性有機物が少ない、すなわち、腐熟が進んでいることを示している。この数値が3  $\mu\text{g/g/min}$ 以下になれば、易分解性有機物は十分に少なくなっており、土壤に還元しても有機物の急激な分解が起きて作物に悪影響を与えることはないとされている。「施用後、急激な分解をしない」ことも堆肥として備えるべき重要な条件<sup>9)</sup>である。大部分の堆肥は「3」以下で、とくに牛ふん堆肥は低い、鶏ふんや豚ふん堆肥では、「10」以上のものもみられた。酸素消費量が「10」を超える堆肥は、水を加えると再び熱をもつような「未熟」堆肥と考えてよい。「10」以上の堆肥は全て鶏ふんあるいは豚ふん堆肥であったが、牛ふん堆肥でも「8」という高いのが3点あった。これらの堆肥は有機物の分解が不十分であることを示している。水分含量を50~60%程度に調整した上でさらに堆積発酵を続ければ、易分解性有機物は消費され、酸素消費量が「3」以下の安心して土壤に還元できる堆肥になる。

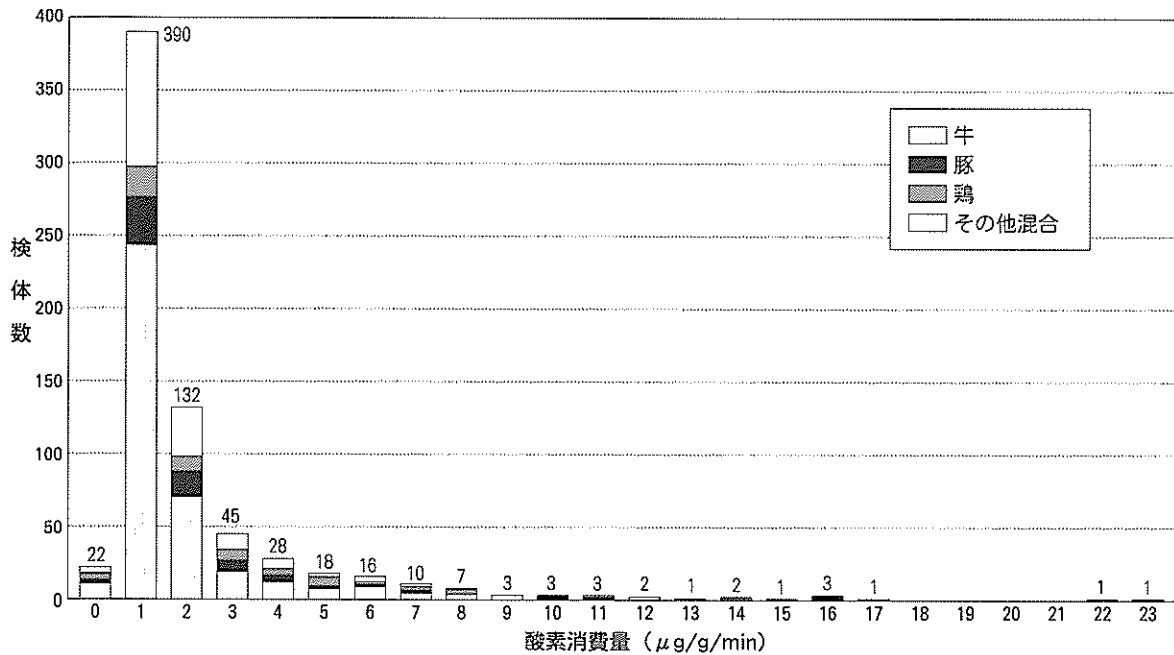


図5 「コンポテスター」による堆肥の酸素消費量の実態調査（689検体）

#### ⑨病原性微生物および抗生物質の残留の有無

本実態調査では、表2に示した項目の他に、病原性微生物の残存および抗生物質の残留の有無についても調査した。病原性微生物として腸内出血性大腸菌O-157（645検体）、クリプトスポリジウム（300検体）およびサルモネラ（645検体）について調べた。その結果、腸内出血性大腸菌O-157およびクリプトスポリジウムは全く検出されなかった。しかし、サルモネラについては、8検体で検出された。そのうち4検体は食中毒の危険性が低いタイプであったが、3検体はヒトの食中毒の事例が多く、公衆衛生上注意を要するものであった。他の1検体については型を特定することはできなかった。サルモネラ菌は、56℃、60分で死滅するとされており、60℃以上の発酵熱をともなう発酵過程を経た堆肥であれば、病原性微生物による汚染の危険性はないといえる。堆肥発酵では十分な温度管理が必要である。

抗生物質としては、平成12～15年度では比較的水分含量の多かった乳用牛ふん堆肥160

点を対象に、乳房炎の治療薬として比較的多く使用されているスルファジメトキシム、ベンジルペニシリン、ストレプトマイシン、カナマイシンおよびオキシテトラサイクリン、また、平成16年度では、豚ふんおよび鶏ふん堆肥それぞれ30点を対象に、栄養成分の有効利用を目的として豚や鶏の飼料に比較的多く使用されている硫酸コリスチン、アピラマイシン、ノシペプチドおよび亜鉛バシトラシンの堆肥への残留を調べたが、いずれも検出されなかった。一方、約140日の堆積後においても僅かであるがオキシテトラサイクリンおよびスルファジメトキシムの残留が認められたとの報告<sup>11)</sup>もあるが、この場合でも、これらの堆肥で野菜を栽培しても抗生物質の植物体への移行は認められなかったとしている。

#### (2) 副資材使用および堆肥化処理方式の畜種

による違いとそれによる分析値への影響  
副資材として、単独の使用では、おが屑16%、もみ殻5%、戻し堆肥3%およびバーク1%で、全体の62%の堆肥では複数の副資材

が使われていた。副資材使用なしの堆肥も13%あった。使用する副資材は、図2に示したように畜種によって大きく異なり、牛と豚では複数の副資材使用が50%以上を占めており、この場合、おが屑と戻し堆肥の組み合わせが多い。副資材を使用せずは採卵鶏で多く、ブロイラーではおが屑使用が多いのが特徴的である。副資材による成分的な違いは、畜種や堆肥処理方式とも関連するので一概にはいえないが、複数資材、おが屑、もみ殻を使用した堆肥の水分や窒素含量は、副資材なしや戻し堆肥使用の場合よりも高く、りん酸やカリ等が低い。また、C/N比も当然ながら、複数資材、おが屑、もみ殻使用の場合は16~17と高く、副資材なしあるいは戻し堆肥では11程度と低かった。

堆肥化処理方式では、堆積発酵、機械攪拌および密閉型発酵方式で、それぞれ、35、15および4%で、複数の処理方式を使用している場合が46%を占めていた。密閉型発酵方式が少ないが、これは堆積発酵処理等と併用している場合が多いからである。畜種別にみると、乳用牛では複数の処理方式が半数を超え、肉用牛では堆積発酵単独処理が60%近い。ブロイラーも堆積発酵が多い。豚と採卵鶏では機械攪拌と密閉型発酵方式が多い。堆肥成分は、水分含量では堆積発酵がもっとも多く52.2%、複数処理が43.8%、機械攪拌が38.6%

と続き、密閉型発酵では28.3%ともっとも少なかった。逆に、灰分含量は、密閉発酵型で36.5%ともっとも多く、窒素やりん酸等も同じ傾向を示した。

### (3) 地域別、季節別の堆肥成分値の違い

全国の各地域を大まかに寒冷地、温暖地および暖地に分けて堆肥成分値を比較した。いずれの成分とも大きな差は認められないが、水分含量は、それぞれ、49.5、44.1および41.5%となり、暖地でもっとも低くなった。

季節別では、温暖期（5月~11月）および寒冷期（12月~4月）で比較しているが、水分含量が、それぞれ、43.9および47.2%と温暖期で僅かに低く、りん酸およびカリが温暖期でやや高くなった他はほとんど差は認められない。

このように、地域別あるいは季節別で若干の違いは認められるが、実際的に意味がある差とは言い難い。「報告書」<sup>1)</sup>では、この他に、堆肥生産規模別、年度別の比較も行っているが、意味があると考えられる違いや一定の傾向は認められなかった。

### (4) 従来の分析値との比較

家畜ふん堆肥の成分データの全国的なとりまとめとして、原田・山口は過去2回にわたってまとめられた草地試験場および農産園芸局

表3 おが屑入り堆肥の成分組成についての既存データとの比較

	畜種	試料数	水分*	全窒素	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	全炭素	C/N比
			%	%	%	%	%	%	%	
草地試験場 (1978)	牛	151	65.5	1.7	1.8	2.0	3.0	0.7	39.9	23.3
	豚	227	57.2	2.2	3.3	1.5	3.0	1.0	39.9	18.0
農蚕園芸局 (1982)	牛	292	65.4	1.7	1.6	1.7	1.9	0.8	38.5	24.6
	豚	173	55.7	2.1	3.4	1.8	3.4	1.1	36.5	19.3
農業研究センター (1996)	牛	130	57.8	1.9	2.3	2.6	2.7	1.1	37.0	21.0
	豚	44	43.8	2.5	5.4	2.6	5.1	1.6	30.7	14.2
畜産環境技術研究所 (2005)	牛	146	52.2	2.2	2.4	2.8	3.5	1.5	39.1	18.8
	豚	14	41.8	3.2	5.3	3.0	6.1	2.2	37.6	12.8

\*水分は現物中、それ以外は乾物中含量

のデータとともに、農業研究センターで取りまとめたデータを比較している<sup>12)</sup>。これらは、共通におが屑が入った牛ふんと豚ふん堆肥である。そこで、表3には、今回の実態調査のデータのうちおが屑入りの堆肥のみを抽出して成分組成を比較した。なお、豚ふん堆肥の試料数が牛ふん堆肥に較べて極端に少ないが、堆肥センターにおける豚ふん単独での堆肥の生産が比較的少ないことに加え、最近の密閉式堆肥処理の普及によりおが屑使用の必要性が少なくなったことも一因と思われる。

今回の調査結果では、水分含量は、草地試験場や農産園芸局のデータに較べ、牛ふんおよび豚ふん堆肥とも15%単位程度は低くなっている。乾物中の全窒素や、りん酸等の肥料の5要素は、全体的に高くなっている。C/N比は、全炭素の含量には大きな変化は認められないが全窒素が高くなっているため、従来データの較べて低くなっている。このような、堆肥の水分含量が減り、肥料成分が高まる傾向は、すでに農業研究センターの調査で指摘されていた<sup>12)</sup>が、今回の実態調査でより明確になったといえる。ただし、今回の調査は、前述の通り全国の堆肥センターの生産堆肥を対象に行われたものであり、個人的に生

産された堆肥のサンプルは含まれていない。したがって、一般に流通している堆肥の成分と品質はある程度正しく反映していると思われるが、過去に実施された調査データとの比較においては、その点に留意する必要がある。

表4は、牛ふん、豚ふん、鶏ふんおよび複数畜種の堆肥と全体の堆肥について、農業研究センター<sup>12)</sup>と今回の調査の分析データを比較したものである。水分含量は、各畜種とも今回の調査の方が低い傾向がみられる。堆肥全体でみた水分含量は、今回のデータの方がやや高いが、今回の調査では一般に水分含量の高い牛ふん堆肥の割合が多かったためと考えられる。pHの差はほとんどない。ECは、今回の調査結果は表2の脚注の換算式により補正したもので、牛でやや高い傾向が認められたが、既述のとおり、この約10年間でほとんど変化はない。全窒素、C/N比、りん酸、カリでは大きな差はないが、カルシウムとマグネシウムは、今回の調査で高くなっている。

#### (5) 家畜ふん尿堆肥の成分的バラツキとそれへの対応

以上のように、堆肥の各成分について、分

表4 農業研究センター（1996）と畜産環境技術研究所（2005）のデータの比較

畜種	機関	試料数	水分* %	pH	EC**	全窒素 %	全炭素 %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %	CaO %	MgO %	C/N比
					mS/cm							
牛	農業研究センター	318	54.8	8.4	4.7	1.9	35.3	2.3	2.4	3.0	1.0	18.9
	畜産環境技術研究所	622	52.2	8.4	5.8	2.2	37.9	2.2	2.8	3.7	1.4	18.3
豚	農業研究センター	187	40.2	8.4	6.4	3.0	32.8	5.8	2.6	5.2	1.8	11.7
	畜産環境技術研究所	144	36.7	8.3	6.6	3.5	36.5	5.6	2.7	8.2	2.4	11.4
鶏	農業研究センター	118	25.1	8.5	8.3	3.2	28.7	6.5	3.5	14.3	2.1	9.6
	畜産環境技術研究所	156	24.7	8.8	8.0	3.1	28.1	5.8	3.6	22.8	2.1	9.7
複数畜種	農業研究センター	90	42.5	8.5	6.3	2.8	32.1	4.0	2.8	6.2	1.5	13.2
	畜産環境技術研究所	580	45.6	8.5	6.4	2.5	37.6	3.2	2.9	6.0	1.5	16.4
全体	農業研究センター	718	44.6	8.4	5.8	2.5	33.3	3.9	2.7	5.6	1.4	15.3
	畜産環境技術研究所	1,502	45.3	8.5	6.3	2.5	36.6	3.3	2.9	7.0	1.6	16.0

\* 水分は現物中、それ以外は乾物中含量

\*\* 畜産環境技術研究所のECは、現物堆肥と蒸留水を1：15で懸濁させて測定したが、表の値は常法と比較するため換算式（表2の脚注参照）を用いて補正した値である。

析値の平均値でみると一定の傾向が伺えるが、表2の最大、最小値でみるように、同じ畜種であっても、各成分、項目のバラツキはきわめて大きい。ここでは省略するが、「報告書」<sup>11)</sup>には、畜種毎に主な成分の階級別分布が示してある。原田も、本誌最近号で、家畜ふん堆肥約800点の水分および窒素含量の階級別分布を示しているが、変動の幅はきわめて大きく、「施用しようとする堆肥の窒素等の養分含有率が不明であれば合理的な利用は困難である」と述べている<sup>13)</sup>。肥料取締法の改正により堆肥等の特殊肥料について品質表示が義務付けられ、従来に比べて耕種農家にとっては使いやすくなったが、これは特殊肥料として登録されている堆肥に限られている。また、従来法による成分分析にはかなりの時間と経費が掛かる。

そこで、堆肥の成分を簡易に測定、推定しようとする試みがある。山口は、全農型分析器ZA-IIによる簡易分析を紹介し<sup>14)</sup>、安藤は小型反射式光度計(RQフレックス)によって簡易に推定できるとしている<sup>15)</sup>。また、原<sup>16)</sup>は、鶏ふん堆肥の尿酸態窒素含量を測ることによって、可給態窒素量までかなり精度よく推定できることを示した。

最近、青森畜試の慶長らは<sup>17)</sup>、堆肥のEC、水分あるいは土壤水分測定器の値から重回帰分析により、窒素、りん酸、カリ等の含量がかなり精度よく推定できることを示し、すでに生産現場への適用が始まっている。本調査<sup>1)</sup>においても、比較的簡単に測定できる水分、pH、EC、酸素消費量および臭気から、各畜種毎に、重回帰分析により窒素、りん酸およびカリの含量を推定する式を求めた。しかし、唯一、ブローラーで各成分の推定誤差(RSD)が、それぞれ、0.35、0.47および0.38と比較的小さかった他は、推定精度は低く、さらに検討が必要と考えられた。

耕種農家が堆肥を肥料成分として使う場合

は、利用場面によっては、信頼性の高い成分値が要求されるため、より精度の高い簡易分析あるいは推定法開発への努力が必要である。また、堆肥の肥料成分では、化学肥料に対する相対的な有効性を示す肥効率が重要である。とくに窒素の場合には、同一畜種でも、堆肥によって肥効率が大きく変動することが知られており<sup>9)</sup>、原が鶏ふん堆肥で行っているように<sup>10)</sup>、他の畜種についても、簡単な化学分析等から堆肥ごとの窒素の肥効率を推定する方法を開発して、その情報を耕種農家の施肥設計に生かすことがきわめて重要と考えられる。

## 謝 辞

本調査はJRA畜産振興事業「簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業」の一環として、農林水産省ならびに当機構本部の指導、援助のもとに、都道府県関係者および全国の堆肥センターの協力を得て実施したものである。また、データの取りまとめに当たってアポロ情報システム株式会社の柳川源二氏には大変お世話になった。ここに、関係された方々に深く感謝いたします。

なお、当研究所において本調査研究に携わった者は以下の通りである。

古谷 修、小堤恭平、伊藤 稔、小川雄比古、亀岡俊則、岡田光弘、長峰孝文、山本朱美、高橋栄二、古川智子

## 引用文献

- 1) 畜産環境整備機構、2005. 堆肥の品質実態調査報告書(簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業)、(財)畜産環境整備機構。
- 2) 原田靖生、1985. 家畜ふん尿堆肥の品質基準及びその判定法と残された問題点、総合農業研究叢書、7,142-163.
- 3) 中央畜産会、2000. 堆肥化施設設計マニュアル、p.221-230. (財)中央畜産会。



- 4) 日本土壌協会、2000. 堆肥等有機物分析法、p.22-23、(財)日本土壌協会.
- 5) 栗原 淳、1995. たい肥等特殊肥料の品質保全と自己認証制度、季刊肥料、71:22-37.
- 6) 木村 武、2004. 家畜ふん堆肥の環境保全的施用法、家畜ふん堆肥の品質評価・利用マニュアル、65-76、農林水産技術会議事務局・農業・生物系特定産業技術研究機構.
- 7) 河原宏一・内田啓一・古川陽一・串田晴彦・原田 護・日野靖興・伊藤述史、2001. 豚ふん堆肥中のミネラル成分の土壌蓄積、岡山総畜セ研報、12:99-104.
- 8) 農林水産省農林水産技術会議事務局、1998. 日本飼養標準・豚(1998年版)、p.68-69. 中央畜産会.
- 9) 園原邦治、2003. 飼料中の銅・亜鉛濃度と豚の発育および豚ふんへの排せつ量の検討、千葉畜セ研報、3:7-11.
- 10) 八谷純一・村上 司・岩井俊暁、2002. 豚ふん中の銅・亜鉛の低減と良質堆肥の生産・利用技術(1)、京都畜研成績、42:51-55.
- 11) 山本誠二・菊地原隆志・佐竹敦子・窪田純子・城戸靖雅、2002. 抗生物質等を投与した家畜より生産された堆きゅう肥中の抗生物質等の消長および植物体内への残留に関する研究、畜産環境保全に関する技術開発成果発表会、1-2、(財)畜産環境整備機構
- 12) 原田靖生・山口武則、1997. 家畜排泄物堆肥の品質の実態と問題点、環境保全と新しい畜産(監修西尾道徳)、p.229-246. (財)農林水産技術情報協会、東京
- 13) 原田靖生、2004. 良質たい肥の製造と環境保全的な農地利用、畜産の研究、58:1277-1283.
- 14) 山口武則、2004. 簡易分析器を用いた堆肥成分の分析法、家畜ふん堆肥の品質評価・利用マニュアル、44-50、農林水産技術会議事務局・農業・生物系特定産業技術研究機構.
- 15) 安藤義昭、2004. 小型反射式光度計を用いた簡易分析法、家畜ふん堆肥の品質評価・利用マニュアル、51-56、農林水産技術会議事務局・農業・生物系特定産業技術研究機構.
- 16) 原 正之、2004. 鶏ふん堆肥中の尿酸含量測定による可給態窒素量の推定法、家畜ふん堆肥の品質評価・利用マニュアル、57-59、農林水産技術会議事務局・農業・生物系特定産業技術研究機構.
- 17) 慶長久美子・藤田次男・村田憲昭・廣田千秋、2005. 堆厩肥適正利用のための肥料成分簡易推定法、青森畜試報、20:55-64.

## IV 平成16年度における主な研究成果

# 1. 畜産由来の複合臭に対する「におい識別装置」の評価と堆肥臭気への応用

畜産関連の臭気を始めとして、多くの臭気は単独臭ではなく複合臭である。一般に、複合臭の強さ（濃度）はヒトの官能によって、臭気濃度あるいは臭気指数として評価されているが、最近、複合臭に対応した「におい識別装置」が開発され、その測定結果は臭気指数相当値として表すことができる。この「におい識別装置」による臭気指数相当値と実際の官能試験による臭気指数との間には高い相関が認められているが<sup>1)</sup>、畜産にかかわる臭気での検討は十分ではない。

そこで、畜舎臭および堆肥臭について、官能試験による臭気指数と「におい識別装置」による値を比較した。また、堆肥の臭気の強さは品質評価の上で重要な要因の一つである<sup>2)</sup>が、従来、一般的には堆肥の臭気はヒトが嗅いで評価しているため、現場での評価は主観的になり易く、また、嗅覚疲労を起こすなどの問題がある。そこで、「におい識別装置」によって堆肥の臭気の強さを簡単、かつ客観的に判定する方法について検討した。

## 材料および方法

### 1) 官能試験による臭気指数と「におい識別装置」による値との関係（実験1）

#### (1) 畜舎臭の採取

当研究所周辺に位置する乳牛舎、子豚および肥育豚舎、採卵鶏舎のいずれも畜舎内から合計4点の臭気を採取した。採取には、カセット式採取器（GLサイエンス、DCI-NA）と5L（近江オドエアサービス、5DF）ないしは10L（近江オドエアサービス、10DF）のポリエステル製バッグを用いた。採取時に、サンプルバッグを現場臭気で1～2回洗浄してから使用した。

#### (2) 堆肥臭の調製

堆肥センターで生産された牛ふん堆肥（8点）、豚ふん堆肥（3点）および鶏ふん堆肥（8点）の合計19点を供試した。堆肥臭の調製方法は生ゴミ臭気の測定事例<sup>3)</sup>に準じた。すなわち、ポリエステル製の2Lのサンプルバッグ（島津製作所、2KF）に堆肥40gを入れ、窒素ガス（G1グレード）で充満して30℃で1時間放置後の臭気を供試した。

#### (3) 官能試験による臭気指数の測定

官能試験は、畜舎臭気については公定法（精度管理された6名のパネル）<sup>4)</sup>により、また、堆肥臭気は簡易嗅覚測定法（2点比較法、精度管理された2名のパネル）<sup>5)</sup>により、牛舎臭のみは環境試料による測定法、その他はいずれも排出口試料による方法に従い実施した。

#### (4) 「におい識別装置」による臭気指数相当値の測定

「におい識別装置（島津製作所、FF-2A）」は、10種類の酸化物半導体センサと捕集管を組み込み、9種類の標準ガスによる校正が基準となる臭気指数対応型の装置である。一回の測定に必要な臭気試料量は約200mlで、測定所要時間は約12分である。酸化物半導体センサの特徴により、安定した出力値を得るには、最低2回の連続測定が必要となり、測定値としては後者を使用する。このことから、1試料の測定に必要な臭気最低量は約400mlである。臭気サンプルに対するセンサ出力値は絶対値表現ソフトウェアASmell2により解析を行い臭気指数相当値として表した<sup>6)</sup>。

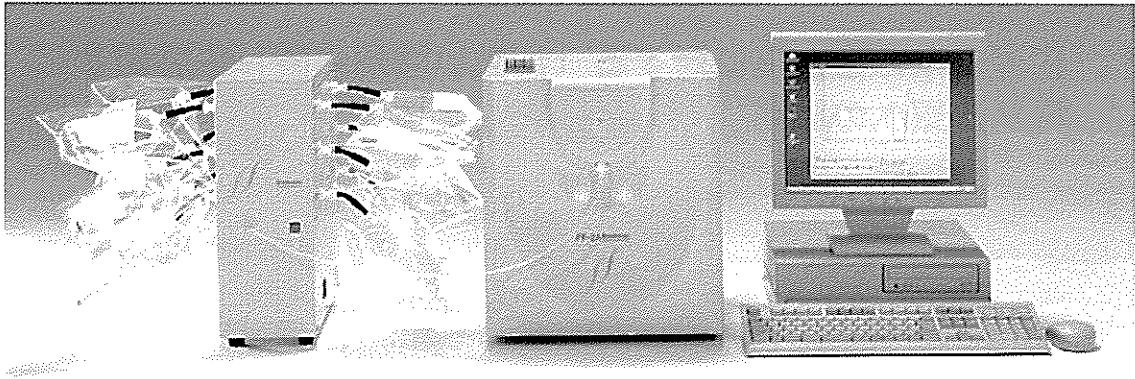


図1 「におい識別装置」の外観

## 2) 「におい識別装置」の測定精度の検討 (実験2)

上記のように調製した3種類の堆肥臭を供試し、1、10、100および1000倍希釈となるように窒素ガス(G1グレード)で調整して、臭気指数相当値の変化の直線性の有無を調べるとともに、測定は同一試料を反復実施し、繰り返し誤差を検討した。

## 3) 堆肥臭の「におい識別装置」による測定 方法の検討(実験3)

実験1に用いた堆肥臭気の調製は、生ゴミの測定事例<sup>D)</sup>に準じて実施したが、この場合には、たい肥の試料量は40gとかなり多く必要とし、測定までの放置時間も1時間と長かった。そこで、実験3では、実際に堆肥臭気の濃度を測定する場合の実験条件について検討した。

### (1) 堆肥臭気の強さ、堆肥の試料量および放置時間による影響

堆肥の臭気を鼻で嗅いで低濃度(臭気強度2)、中濃度(臭気強度3)、高濃度(臭気強度4)の3段階に分けた試料各1点ずつの計3点を供試し、5Lのサンプルバッグに0.5、5あるいは50gを入れて、室温25℃の条件下で、1、5あるいは60分放置した。その後、実験1と同様に、「におい識別装置」の測定法に従って臭気指数相当値を求めた。測定は1連で行った。なお、実験1では、サンプルバ

ッグを窒素ガスで充満したが、その後、酸化が起りやすい試料では窒素を用いるが、堆肥の場合は圧縮空気でもよいということが判明したので、実験3では圧縮空気で充満した。

### (2) サンプルバッグ容量および放置時間による影響

サンプルバッグの容量とともに、放置時間については30分を加えて検討した。鼻で嗅いで高濃度および低濃度に区別した試料を1点ずつの計2点を供試し、試料量を5gと一定として、サンプルバッグの容量を2および5Lの2段階に変え、放置時間は室温25℃の条件下で30および60分として、臭気指数相当値を求めた。なお、それぞれの処理の測定は1連で行った。

### (3) 放置温度による影響

試料量を5g、放置時間は60分、サンプルバッグ容量2Lの条件下で、放置温度を20、25および30℃の3段階に変えて臭気指数相当値を求めた。なお、堆肥試料は1点とし、測定は1連で行った。

## 4) 統計処理

実験1では官能試験での臭気指数と「におい識別装置」から得られた臭気指数相当値について回帰分析<sup>E)</sup>を行い、「におい識別装置」による臭気指数相当値から官能試験による臭気指数を推定する場合の推定誤差(RSD)を求めた。

## 結果および考察

### 1) 官能試験による臭気指数と「におい識別装置」による値との関係(実験1)

畜舎および堆肥の臭気について、官能試験による臭気指数および「におい識別装置」による臭気指数相当値を測定した結果を図2に示した。官能試験による臭気指数(Y)と「におい識別装置」による臭気指数相当値(X)との回帰式は次のようになった。

$$Y=0.98X+2.6, \quad r=0.76$$

$$\text{推定誤差 (RSD)} = 3.8$$

回帰係数は0.98とほぼ1に近く、また、常数項も小さかった。

喜多ら<sup>1)</sup>によると、生ゴミ、焼き魚、食堂、焼きゴムなど種々の臭いについて官能試験による臭気指数と「におい識別装置」による臭気指数相当値を比較しているが、ばらつきはあるものの、 $Y=X$ の直線の周囲に分布している。この報告では、畜産臭として唯一養鶏場の臭気に取り上げられているが、この直線上に近い。実験1の結果は、畜舎および堆肥の臭気についても、1対1の対応として臭気指数相当値からそのまま臭気指数の推定が可能であることを示している。

本実験における「におい識別装置」による臭気指数相当値から官能試験による臭気指数

の推定精度は、RSDとして3.8となった。この推定精度は、これまでの知見<sup>1)</sup>とほぼ同等である。実験1での官能試験は、畜舎臭気についてはパネル6名の公定法、堆肥臭気についてはパネル2名による2点比較法で実施したが、それぞれの場合のRSDを求めると、3.1および4.1となり、公定法の方が若干小さい値となった。このことは、2点比較法に比較して、公定法の方が臭気指数の測定誤差が小さい<sup>6)</sup>ことを反映したものと考えられる。

### 2) 「におい識別装置」の測定精度の検討(実験2)

実験2では、3種類の堆肥臭気を用いて、希釈を行い、その臭気指数相当値がどのように低下するかを調べたが、図3に示すように、いずれの臭気においても希釈倍率とともに直線的に低下した。また、臭気指数が10以下でも直線性が保たれた。官能試験では、臭気指数が10以下の場合には測定が難しくなるが、「におい識別装置」ではそのような比較的濃度が薄い臭気についても精度よく測定できることが示唆された。実験2では、各試料で2反復で測定したが、測定値はよく一致しており、「におい識別装置」の測定精度は高いことが示された。

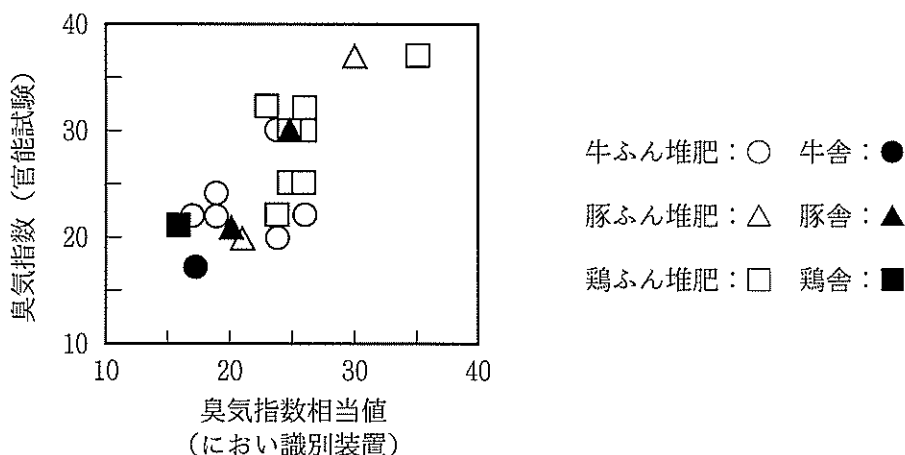


図2 畜舎および堆肥臭気における官能試験とにおい識別装置での臭気指数(相当値)の相関

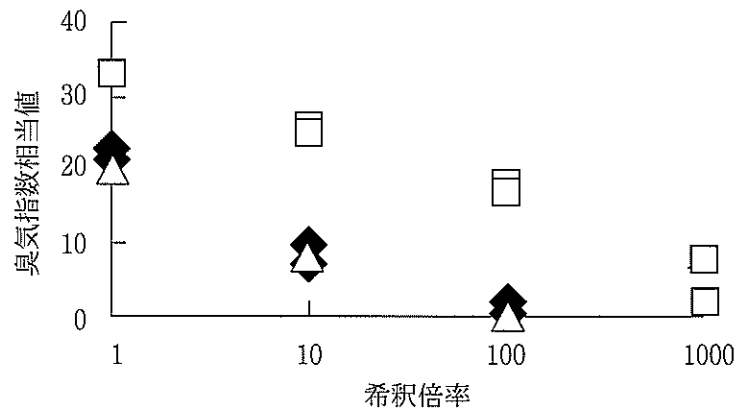


図3 原臭の希釈にともなう臭気指数相当値の変化  
試料3点 (□、◆、△)、2反復

### 3) 堆肥臭の「におい識別装置」による測定方法の検討 (実験3)

図4には、臭気濃度が異なる3種類の堆肥試料を供試し、試料量および放置時間が臭気指数相当値に及ぼす影響を調べた結果である。いずれの試料とも、サンプルバッグ投入後1分以内に臭気は高まっており、試料量が0.5gと少ない場合を除き、5分後には60分後の値

とほぼ等しくなった。

試料量を5gと一定として、サンプルバッグの容量を2Lおよび5L比較した結果を図5に示したが、サンプルバッグの容量によって差は認められず、また、放置時間による差も認められなかった。

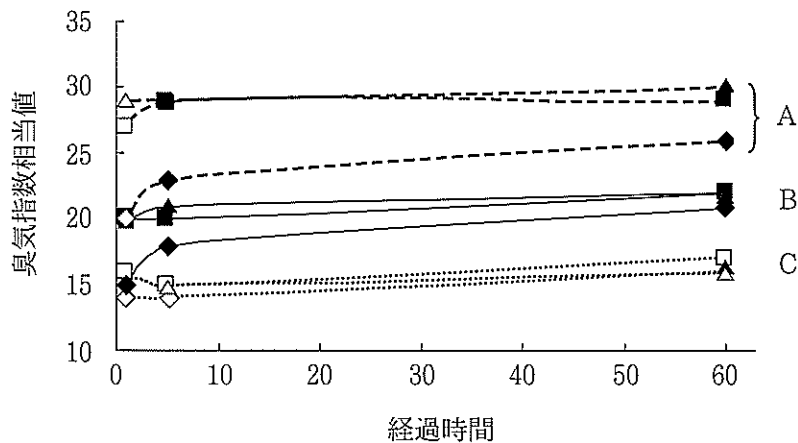


図4 堆肥の種類、試料量および経過時間が臭気指数相当値に及ぼす影響  
0.5g : ◇、5g : □、50g : △  
高濃度臭気試料 : A、中濃度臭気試料 : B、低濃度臭気試料 : C

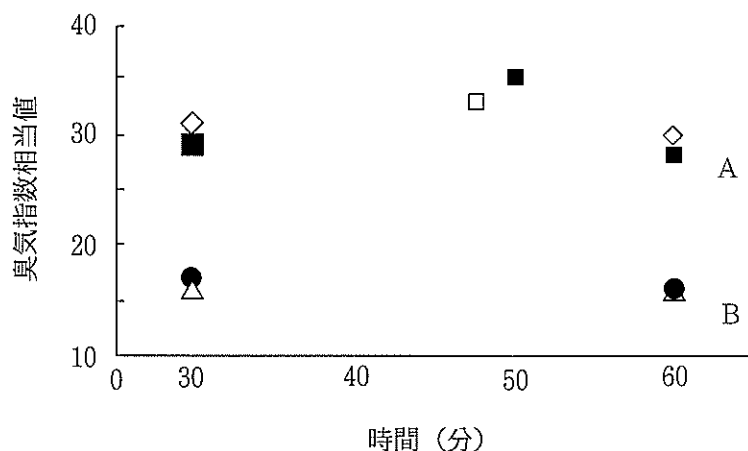


図5 堆肥の種類、サンプルバッグ容量が臭気指数相当値に及ぼす影響  
 2L：◇ △、5L：■ ●  
 高濃度臭気試料：A、低濃度臭気試料：B

放置温度を20、25および30℃の3段階に変えて臭気指数相当値を測定した結果が図6であるが、放置温度によって意味のあるような差は認められなかった。

実験3の結果より、堆肥試料の臭気の強さを「におい識別装置」で判定する場合には、以下の測定法が適当と考えられた。

堆肥試料5gを2Lのサンプルバッグに秤入れ、室温(20~30℃)にて30分間放置する。その後、内部の空気を新しいサンプルバッグ

に移した後、「におい識別装置」で臭気指数相当値を測定する。

本研究の結果、従来、官能試験で評価していた畜舎の臭気指数は、「におい識別装置」で比較的簡単に推定できることが分かった。また、堆肥の臭気は、堆肥の品質判定で重要な項目である<sup>2)</sup>が、従来は鼻で嗅いで判定するのが普通であった。この堆肥臭気もこの装置によって客観的に評価できることが分かった。

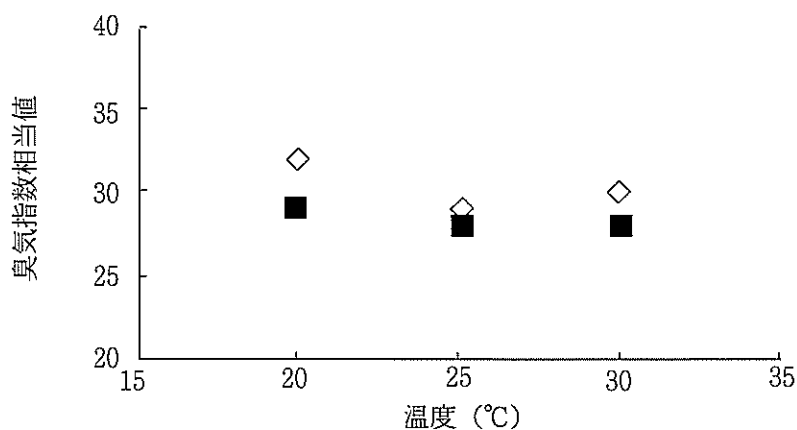


図6 温度、サンプルバッグ容量が臭気指数相当値に及ぼす影響  
 2L：◇、5L：■

## 要 約

畜舎臭および堆肥臭について、官能試験による臭気指数と「におい識別装置」による値を比較するとともに、「におい識別装置」による堆肥臭気の測定条件について検討した。牛舎、豚舎、鶏舎から採取した臭気4点、および堆肥臭については堆肥試料40gを2Lのサンプルバッグに入れて60分後に採取したヘッドスペースガス19点を用いた。官能による臭気指数(Y)と「におい識別装置」による臭気指数相当値(X)との回帰式は、 $Y=0.98X+2.6$ 、 $r=0.76$ 、推定誤差(RSD)=3.8となった。堆肥臭気の測定条件として、堆肥の試料量、放置温度・時間およびサンプルバッグ容量について検討したところ、堆肥試料5gを2Lのサンプルバッグに秤入れ、室温(20~30℃)にて30分間放置後、内部の空気を新しいサンプルバッグに移した後、「におい識別装置」で臭気指数相当値を測定するのが適当であると考えられた。

(山本朱美)

## 謝 辞

本研究においては、喜多純一氏((株)島津製作所)から終始有益なる助言をいただいた。記して謝意を表する。

## 引用文献

- 1) 喜多純一、青山佳弘、木下太生、谷口博和、中野博司、赤丸久光、林 英幹、川本啓三. 2004. 臭気対策におい識別装置を用いた臭気測定：官能の代替を目的としたにおい識別装置「FF-2A」による臭気指数相当値およびにおい質の絶対値表現. 環境浄化技術. 3: 23-29.
- 2) 原田靖生. 1983. 家畜ふん堆肥の腐熟度についての考え方. 畜産の研究. 37: 1079-1086.
- 3) 環境法令研究会編. 環境六法(平成16年度版) p860-909. 2004.
- 4) (株)におい・かおり環境協会. 2005. 臭気簡易測定ガイドブック2005. (株)におい・かおり環境協会. 東京.
- 5) 吉田 実. 1975. 畜産を中心とする実験計画法. p163-185. 養賢堂. 東京.
- 6) 諸井澄人. 嗅覚測定法の簡易手法. 2003. 臭気対策講演資料集. 38-43. (株)臭気対策研究協会.



## 2. 発酵床豚舎の床材の各種成分およびミネラル類の蓄積

今日の畜産業において、経営的にひっ迫していたり、経営者が高齢で何年畜産を続けられるのか不明であったりといった理由により、堆肥化施設の増築や改善が困難な畜産農家が見られる。このような畜産農家は、法的な問題や悪臭などの問題を超低コストでクリアできる簡易な技術を切望している。

発酵床豚舎は、豚房におが屑等の床材を厚く敷くことで、ふん尿を豚房内で発酵処理する技術である。10数年ほど前に、ビニールハウス養豚として、畜舎建設費が安いことから脚光を浴びて普及したが、寄生虫症の発生や悪臭の発生といった問題があったため、取りやめる農家が多くあった。近年、適切に管理すれば臭気の発生が少なく、低コストで省力的なふん尿処理が可能なることから、この方式に転向する農家が増えている。しかし、床をどの程度の頻度で交換するべきなのかが明確でなく、使用後の床材が堆肥として適切なのかどうかも明らかになっていない。

そこで、発酵床豚舎から使用中の床材を採取し、成分を分析することで、床の更新頻度や堆肥としての利用について検討した。

### 材料および方法

#### 1) 調査対象

体重30kg～120kgまでを肥育する豚舎が発酵床になっており、約3年の間、使用済みの床材を排出していないY養豚場およびT養豚場を調査対象にした。それぞれの飼育密度は、1.3m<sup>2</sup>/頭および1.6～3.4m<sup>2</sup>/頭であり、床の深さは90cmおよび40cmである。いずれの養豚場でも、床材は、出荷後および飼育期間中に、床が目減りした分だけ、新たな床材を添加している。床材は、Y養豚場ではバーク、T養

豚場ではおが屑を主に利用している。Y養豚場では、出荷後および飼育期間中に90cmの深さまで掘り返すことで、頻りに床をかく拌していたが、T養豚場では、出荷後に30cmほどの深さまでを掘り返すのみのかく拌である。

#### 2) サンプルの採取方法

Y養豚場では肥育豚を出荷した直後の、T養豚場では出荷直前の豚房を選択した。豚房の中で、床の状態が乾燥している所（乾部）と泥濘化している所（泥部）から、表層（Y養豚場は0～20cm、T養豚場は0～10cm）および深層（Y養豚場は30～50cmと60～90cm、T養豚場は30～40cm）の床材を採取した。サンプルは、分析に供するまで、密閉できるポリエチレン製のバッグに入れ、冷暗所に保管した。

#### 3) 分析項目と分析方法

水分、pH、EC（電気伝導率）、灰分、全窒素、全炭素、アンモニア性窒素、リン、カリウム、マグネシウム、銅および亜鉛を測定した。pHは床材を5倍量の、ECとアンモニア性窒素は床材を15倍量の純水にけん濁し、静置後の上澄みを測定した。これら以外の分析項目は「堆肥等有機物分析法」<sup>1)</sup> に準じて行った。

全国の堆肥センターから収集した豚ふんとおが屑を原料とした堆肥31サンプルを、同様の方法で分析し、その平均値（堆肥平均値）を比較対象とした。

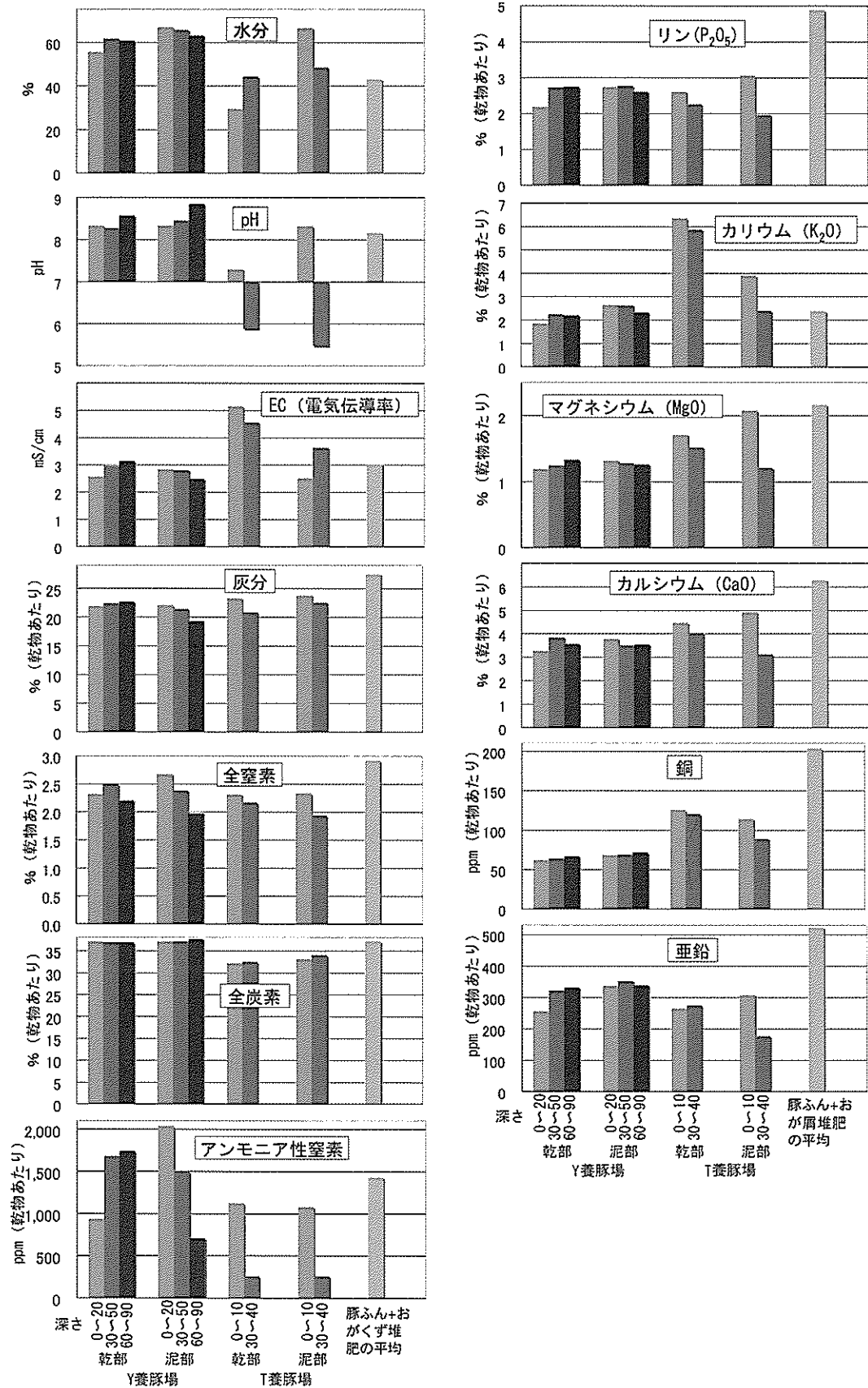


図1 Y養豚場およびT養豚場の発酵床の成分

#### 4) ミネラル類の蓄積量の試算

T養豚場を対象とした。床材の原料であるおが屑やバークに含まれるミネラル類の量は、ふん尿に比べるとずっと少ないと考えられることから、豚房へのミネラルの流入は飼料からのみとした。豚房からのミネラルの流出は、出荷時の豚体のみとした。流入と流出の差が床材に蓄積するものとして算出した。飼料の各ミネラル類の濃度は、T養豚場にて使用している飼料を分析した値を用いた。飼料の給与量は、飼料要求率を3.5として算出した。豚体の各ミネラル濃度は、「畜産大辞典」に記載されているMcDonoldら（1981）の値<sup>2)</sup>を用いた。

### 結果および考察

#### 1) 使用中の床材の成分

床材を分析した結果を図1に示した。水分についてみると、Y養豚場では、泥部だけでなく、乾燥しているように見えた部分（乾部）も高い値であった。T養豚場では、乾部と泥部、表層と深層間で差が見られた。養豚場間で見られた傾向の違いは、床のかく拌の程度によるものと考えられた。pHは、Y養豚場では堆肥平均値と同様に弱アルカリ性であったのに対し、T養豚場では深層が酸性になっていた。かく拌されていない床の内部では、嫌気的な微生物の分解が起きているために、pHが低下しているのではないかと考えられた。ECは、T養豚場の乾部が高い値になった。尿由来のカリウムが蓄積しているためではないかと考えられた。全窒素、全炭素、灰分は、全体にわたって堆肥平均値と同程度の値であった。アンモニア

性窒素は、堆肥平均値と比べて全体的に低い値になった。通常の堆肥と違い、尿の全量が発酵床に入っているにもかかわらず低い値であったことから、発酵床ではアンモニアの硝化と脱窒が起きているのではないかと考えられた。ミネラルの濃度については、カリウムを除けば、堆肥平均値よりも低い値であった。

以上の結果から、カリウム濃度を除けば、床材の成分は堆肥平均値と大きく違う点はないことが分かった。

#### 2) ミネラル類の蓄積量の試算

計算の結果を表1に示した。実測値と3年間の試算値の各ミネラルの濃度は、多少の違いはあるが、おおむね近い値になった。この結果から、豚のふん尿からのミネラル類は、床材に蓄積していると考えられた。

そこで、5年間蓄積させたときの濃度を算出した結果、カリウム濃度以外は堆肥の平均値とほぼ同じ値になった。この結果から、5年程度ならば、カリウム濃度が約4倍含まれている点に注意して施肥する必要があるが、使用済みの床材を通常の堆肥と同じように使えらるると考えられた。

なお、床材に蓄積されるミネラル類の濃度は、床の堆積に対する豚の飼育密度が関係する。育成・肥育豚の飼育密度は1頭当たり0.8～1.0m<sup>2</sup>程度とされている<sup>3)</sup>のに対し、発酵

表1 T養豚場を対象にした発酵床へのミネラル類の蓄積の試算

	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	銅	亜鉛
	% (乾物あたり)			ppm (乾物あたり)		
約3年間床材を排出していない床の実測値	2.5	4.6	4.1	1.6	112	256
試算値 (3年間蓄積した場合)	1.7	6.0	3.0	1.2	105	285
試算値 (5年間蓄積した場合)	2.9	10.0	5.1	2.0	174	475
堆肥平均値 <sup>*)</sup>	4.9	2.4	6.3	2.2	204	523

\* 全国の堆肥センターから収集した豚ふんとおが屑を原料とした堆肥31サンプルの平均値

床の場合はこれよりもやや広く、1.2~1.5m<sup>2</sup>程度とされている<sup>3)</sup>。この飼育密度の時の発酵床の深さは90cm以上が好ましいとされており、90cmとして計算すると、豚1頭当たりの床の体積は、1.1~1.4m<sup>3</sup>である。本調査で対象としたT養豚場の飼育密度は1.6~3.4m<sup>3</sup>で、深さが40cmであり、豚1頭当たりの床の体積が0.6~1.4m<sup>3</sup>となることから、一般的な飼育密度に相当すると考えられる。しかし、これまでに調査した養豚場には、豚1頭当たりの床の体積が0.2~2.3m<sup>3</sup>と大きな幅があることから、床材の更新時期も、これに合わせて調整する必要がある。また、ミネラルの蓄積には、飼料のミネラル濃度も影響すると考えられることから、これも考慮すべきである。

#### 要 約

約3年間床を排出せずに肥育をしている発酵床豚舎の床材の成分を分析した結果、通常の堆肥と比べて、カリウム濃度が高い点を除けば、大きな違いは見られなかった。次に、豚房へのミネラルの流入は飼料のみ、豚房か

らのミネラルの流出は出荷時の豚体のみと仮定し、この差が床材に蓄積するものとして、床への蓄積量を試算した結果、実測値に近い値がえられたことから、ミネラル類は床に蓄積しているものと考えられた。また、5年間床を排出しなかった場合のミネラル類の濃度を試算した結果、カリウムは高い濃度になるが、他は通常の堆肥と同様の値となった。カリウム濃度が約4倍含まれている点に注意して施肥する必要があるが、使用済みの床材を通常の堆肥と同じように使えらるると考えられた。ただし、この5年という数字は、発酵床の体積当たりの豚の飼育頭数や飼料のミネラル濃度を考慮した上で調整する必要があると考えられる。

(長峰孝文)

#### 引用文献

- 1) 財日本土壌協会編：堆肥等有機物分析法（2000）
- 2) 田先威和夫監修：新編畜産大辞典、p.164、p.991、(株)養賢堂（1996）
- 3) 家畜糞尿プロジェクト研究チーム編、家畜ふん尿処理利用の手引き1999、北海道立中央農試（1999）

### 3. 豚の臭気対策資材の効果判定法（国からの委託研究）

家畜排せつ物に起因して発生する環境問題の苦情では、悪臭に関するものももっとも多い。そのため、この悪臭を低減させる目的で多くの資材が開発されている<sup>1)</sup>が、評価試験法が標準化されていないため、それらの効果判定において困難がともなっている。

従来、臭気の測定は100Lビニール袋法<sup>2)</sup>で行われているが、大量の試料が要り、手数も掛かるため、反復数を十分に取ることができずに、統計的処理も困難であった。そのため、ある資材一つを取ってみても、ある機関では添加効果がみられ、他の機関では効果がみられなかったといった事例もまれではない。また、豚は一般に群飼として平飼いするところから、採尿は困難であり、主として尿中窒素から生成されるアンモニアの発生量の測定には問題があった。

そこで、本研究では、豚の個体毎にふんおよび尿を採取し、反復数を十分に取って統計的処理により資材の添加効果の有無が明確になるようにするとともに、比較的少量の試料を用いて実験室内での測定が可能な評価方法を開発した。臭気物質のうち低級脂肪酸および硫黄化合物はふんからの発生をみればよいが、アンモニアはふん尿混合物からの発生が重要であるので、本法ではこれを可能とした。また、臭気対策資材には、経口投与型および散布型があるが、このいずれにも対応できるものとした。

この評価試験法によって、臭気対策資材の使用効果の有無がより客観的に、より簡便に評価できるものとする。

#### 実施要領

##### 1) 評価試験法の概要と資材評価の考え方

経口投与型資材の評価では、豚をふん尿分離採取が可能な代謝ケージに個別に収容し、資材添加あるいは無添加飼料を給与し、一定期間後にふん尿を採取する。小型容器にふんあるいはふん尿混合物を一定量入れて、一定時間の臭気発生量を測定する。散布型資材の場合は、一般的な飼育条件下のふんおよび尿が得られればそれを供試して、一定量の資材を散布すれば、その後の処理は経口投与型資材の評価に準じればよい。

測定臭気は、アンモニア、低級脂肪酸および硫黄化合物の3項目に限定する。本来、畜産臭気は複合臭であるため、官能的な評価が必要であるが、測定したいずれかの臭気に対照区と有意差が認められた場合は、官能評価を考慮することにする。これら3項目に有意差が無く、官能評価に差が出ることはまず考えられない。

本法では、臭気発生量の絶対値は問題にせず、対照区との比較において資材使用の効果を経口的に評価する。したがって、資材使用の有無以外の実験条件は同一にすることを絶えず留意しておく必要がある。

##### 2) 経口投与型資材の評価

###### (1) 飼養管理法

###### ① 供試豚

体重35～50kgの雄の去勢子豚8頭を用い、平均体重がなるべく同じになるように、4頭ずつの2群に分け、試験飼料区と対照飼料区に割り当てる。同腹である必要はなく、品種も問わない。供試頭数や代謝ケージの数に制限がある場合は、4頭を供試し、2頭ずつの2期に分けて実施してもよい。

注：供試頭数

アンモニア揮散量の測定では、豚の個体差の変動係数は15~30%であるので、資材添加により測定平均値が1/2に低下した程度でも、4頭の供試頭数で十分な有意差は検出できなかった。しかし、低級脂肪酸類の変動係数は一般に、50%程度と大きいので、4頭の供試頭数では測定平均値が1/3以下にならないと有意差として検出できない。したがって、それより小さい差で有意差を検出しようとすれば供試頭数を増やす必要がある。硫黄化合物類の個体変動については十分検討されていないが、低級脂肪酸程度と考えるとよいためと思われる。

## ②管理

供試豚を代謝ケージに収容する。収容直後は、前後で回転することがあるのでできるだけ背は低く抑えて回転できないようにする。本試験期間中は1日の尿を全量収集するため、試料がこぼれないように、十分な容量のバケツもしくはタライ等を置く。窒素出納試験においては尿の容器に硫酸を添加する必要があるが、pHの低下はアンモニア揮散量を低下させるので行わない。

なお、ふんからの低級脂肪酸あるいは硫黄化合物の揮散を対象とするのであれば、代謝ケージに収容する必要はなく、群飼でよい。ただし、個体毎に識別して採ふんする手間が掛かる。

## ③試験期間

予備試験の期間は7日間とし、その後に採ふん、採尿を行う。メーカーの推奨する期間がそれより長い場合は、あまり長く豚を代謝ケージに収容することはできないので、最初は群飼とし、本試験前1週間になったら代謝ケージに収容するようにする。

## ④給与飼料

対照飼料は一般の配合飼料でよいが、脱臭資材や抗生物質の添加がないことを確認する必要がある。この点では、自家配合飼料が望

ましい。試験飼料区には対照飼料に資材メーカーが推奨する量の資材を添加する。

飼料の給与量は体重の3%量とし、1日に1回給与する。予備試験で平飼いする場合は不断給餌とする。水は自由摂取とする。

## (2) 試料の採取法と採取量

一定の予備試験が終了したら1日間(24時間)に排せつされるふんおよび尿を全量容器に集める。下痢をしている個体のふん尿は採取せず、状態のよい試料を排せつするまで採取は待つ。ふんおよび尿は個体別に全量を採取し、秤量する。ふんはよく混合する。

採取したふんおよび尿から試料を採取する。1頭につき2反復で分析することを前提とすると、アンモニアの分析に必要なふん量は100g、尿量は400gあれば十分である。低級脂肪酸および硫黄化合物の測定に必要なふん量は、2反復の分析で合計50gあれば良い。

## (3) 試験に供試するまでの保存法

採取した試料はその日に分析に供するのが望ましいが、現実には困難な場合が多いので、通常は分析に供するまで冷蔵庫(4℃)で保存する。

## (4) ふん尿混合物からのアンモニア揮散量の測定<sup>9)</sup>

### ①ふん尿混合物からのアンモニア発生装置

本装置は、ふん尿混合物からアンモニアを発生、揮散させるための培養器、揮散アンモニアガスを捕集する捕集ビン、水分トラップ、流量計、および吸気ポンプからなる。測定装置の概要を図1に示した。

#### a 培養器

円筒状のプラスチック製容器を用いるが、内寸で直径9.3cm、高さ14.5cm、内径9.3cm、容積は約1L程度でよい。容器の上部の蓋はねじ口とし、蓋に2本のプラスチック管を固定する。この場合には、プラスチック管の内径は、入り口側と出口側で、それぞれ、7mmおよび3mmとしている。

### b アンモニア捕集ビン

市販のインピンジャーを利用する。この捕集ビンは1本で十分で、2本目で捕集されるアンモニアは無視して差し支えないことが明らかになっている。

### c 水分トラップ管

円筒カルシウム管の内部にシリカゲルを充填し、アンモニア捕集ビンと流量計の間に設置する。水分が流量計内部のテーパ管に流入すると、浮き球が動かなくなるのでシリカゲルが赤変したら吸気を停止し、シリカゲルを充填した円筒カルシウム管ごと交換する。

### d 流量計

吸気ポンプと水分トラップ管の間に流量計を置いて吸気の流量を調整する。

### e 吸気ポンプ

吸気にはダイヤフラムポンプ（吐出能力5 L/min）を用いる。

## ②試料の前処理操作と揮散アンモニアの捕集

a 採取直後あるいは冷蔵保存していたふん40gおよび尿160mlを家庭用ミキサーに入れ、約15秒間攪拌混合し、均質化してから培養器に全量を移し入れる。反復の必要があるため、1試料で2回の操作を繰り返す。

b アンモニア捕集ビンに、4%ホウ酸溶液

を150mlを入れた後に、ブロムクレゾールグリーン・メチルレッド混合指示薬を2滴垂らす。

c 試料の培養温度は30℃とし、予め、30℃に設定しておいた恒温水槽に培養器を浸す。培養器が浮かないような工夫が必要となる。

### 注：培養温度の影響

方法では培養温度を30℃に設定したが、アンモニア揮散量は培養温度とともに直線的に高まる<sup>3)</sup>。

d 装置間のチューブを接続し、かつ緩みがないことを確認した後、ポンプを用い吸引する。予め、空運転時にリークがないかどうかを確認しておく。

e 空運転時に、流量計は500ml/minとなるように設定しておくが、吸気開始後に再度、同様の流量が得られているかを確認し、合わない場合は再調整する。

f 測定時間は24～48時間とする。アンモニア揮散量は尿中の窒素濃度に比例する<sup>4)</sup>ので、窒素濃度が極端に薄い、あるいは濃い場合には測定時間を増減する必要がある。

## ③揮散アンモニアの定量

a アンモニア捕集ビンを装置から取り外し、溶液を250mlのメスフラスコに移し入れ、



図1 臭気発生装置の概要

純水でメスアップする。

- b そのうちの一部、10~20mlをホールピペットを用い、コニカルビーカーに移し入れる。
- c 0.05M硫酸溶液を用いた直接滴定<sup>5)</sup>を行う。

#### ④アンモニア揮散量の算出とその評価

- a 培養器の試料より揮散したアンモニア性窒素量 (NH<sub>3</sub>-N) は以下の式で求めることができる。

$$\text{アンモニア性窒素量 (mg)} = 0.05 \times 2 \times 14.007 \times \text{滴定量 (ml)} \times 250 / \text{採取量 (ml)}$$

- b 個体により尿量が異なるため、上式で求められた尿160ml当たりの値と1日の尿量から1日当たりの揮散アンモニア性窒素量として表す。

なお、アンモニア揮散量として表す場合には得られたアンモニア性窒素量に1.13 (換算係数) を乗ずる。

- c 対照区および資材添加区の各4頭2反復の値に基づき統計処理を行い有意性の検討を行う。

#### (5) ふんからの低級脂肪酸揮散量の測定

低級脂肪酸の場合は、アンモニアの場合と異なりふんのみを対象とする。

##### ①低級脂肪酸の発生装置

基本的には、前述のふん尿混合物からのアンモニア揮散量発生装置と同じ構成であるが、アンモニア捕集ビンに低級脂肪酸捕集管に換える (図2)。

##### a 培養器

アンモニア揮散量測定時に用いる培養器と同一

のものを用いる。

##### b 低級脂肪酸捕集管

ガラス製の捕集管には、1%水酸化ストロンチウムを被覆したアルカリビーズが約3g充填されている。捕集管にキャリアーガスを流しながら加熱炉 (GLサイエンス、TDI-1) を用い300°Cで30分~1時間程度、加熱する。なお、加熱開始時にギ酸20μlを捕集管のセプタム側から注入する。ギ酸の注入に使用したマイクロシリンジは超純水でよく洗浄しておく。なお、本装置で2本の捕集管を連結して試験した結果、2本目で捕集される低級脂肪酸は無視して差し支えないことが明らかになったため、捕集管は1個でよい。

##### c 水分トラップ管

アンモニア揮散量測定時に用いるものと同一とする。

##### d 流量計

アンモニア測定時の流量計と同一のものを用いる。吸気ポンプと水分トラップ管の間に流量計を置いて吸気の流量を調整する。

##### e 吸気ポンプ

アンモニア測定時の吸気ポンプと同一のダイヤフラムポンプ (吐出能力5L/min) を用いる。

#### ②試料の前処理と低級脂肪酸の捕集

- a ふん試料10gを培養器に移す。1試料で

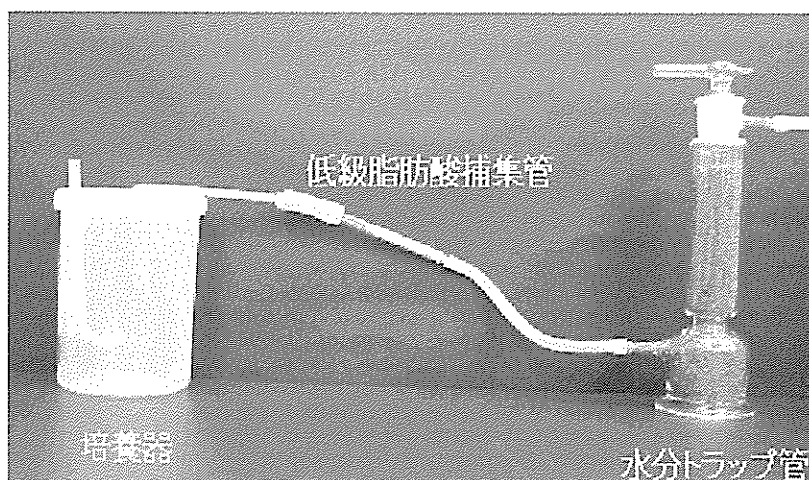


図2 低級脂肪酸捕集部



2 反復実施する。

注：ふん試料の容器内の形状

ふん試料は薬匙で混合後、適量を薬匙にのせ培養器内で別の薬匙でふん試料をかき落とし、その後、重量を調整する。揮散表面積が臭気物質の揮散量に影響することから、対照区と試験区でなるべく同じ形状になるようにする。

- b 予め、30℃に設定しておいた恒温水槽に培養器を浸す。培養器が浮かないように重しを載せるか、ワイヤー等で結わえる。
- c 最初は、低級脂肪酸発生装置の低級脂肪酸捕集管部を取りつけずに、培養器と水分トラップ管を直接チューブでつなぐ。
- d 予備培養のためポンプで1時間吸引する。
- e ポンプを停止後、速やかに低級脂肪酸発生装置に低級脂肪酸捕集管を取りつけ、500ml/minで正確に10分間吸引する。測定時間は、通常は10分でよいが、試料によって発生量が異なるので、予め予備試料を用いて確かめておくことよい。

注：試料量および測定時間と低級脂肪酸揮散量

いずれにおいても直線性が認められるので、試料量および測定時間はかなり自由に設定可能であるが、対照区と試験区ではつねに同一試料量、同一測定時間とするのが鉄則である。

- f 吸引が終了後、低級脂肪酸捕集管を取り外し、セプタムおよびパッキンで密栓する。捕集後はなるべく速やかに分析する。
- g 捕集が終了したら、培養器の蓋を取り、アルミホイルを被せて水分の蒸散をできるだけ防いで、室温で24時間放置し、その後再び揮散量を測定する。

### ③ガスクロマトグラフ分析操作の手順

- a 注入口セプタムに孔があくと気密性が保たれなくなり、セプタムから試料ガスがキャリアーガスとともに漏出するので、注入口温度を上げる前に（分析開始前）、交換しておく。
- b 低級脂肪酸捕集管内のアルカリビーズに捕集された水分および炭化水素は定量性

を下げるため、捕集管にキャリアーガスを流しながら、180℃で2分間加熱する。

- c 捕集管が室温にまで下がったら、捕集管を注入口に接続する。
- d 出力値が安定することを確認後、ギ酸（純度99.9%）20μlをセプタム側から捕集管内部に注入する。マイクロシリンジをセプタムに貫通させている間、捕集管のセプタムを押さえつけるようにするとキャリアーガスの漏出を防げる。ギ酸は打ち込みの操作は、速やかに行う。マイクロシリンジの洗浄は、打ち込み後、超純水で速やかに行う。
- e ギ酸注入後、速やかに加熱炉およびカラムオープンの温度を上昇させ、分析を開始する。

なお、ガスクロマトグラフの分析法は成書<sup>6)</sup>に詳述されている。

### ④低級脂肪酸揮散量の評価

- a 培養器から揮散した低級脂肪酸量はガスクロマトグラフ分析で得られた値をngとして表す。
- b 1回目の測定および24時間後の測定における対照区および資材添加区の各4頭2反復の値に基づき統計処理を行い有意性の検討を行う。

### (6) ふんからの硫黄化合物揮散量の測定

低級脂肪酸の場合と同様に測定はふんのみを対象とする。測定法は、アンモニアおよび低級脂肪酸が一定時間の吸引により捕集される量を測っているのに対して、硫黄化合物の場合は、一定量の容器の中に試料を入れて密閉し、一定時間に容器の中に揮散した量を測っている点で異なる。

硫黄化合物揮散量測定では、図2の低級脂肪酸捕集部の代わりに硫黄化合物用試料濃縮管を取り付けて液体酸素で冷却しながらの捕集を試みたが、十分な測定精度が得られなかつ

た。そこで、バイアルビンを用いる方法について検討し、変動係数は10%以下と測定精度が高まった。また、豚ふんからの硫黄化合物揮散量は試料量の増加に伴い直線的な増加が認められたことから、測定法としては十分であると判断した。

#### ① 培養器 (バイアルビン)

試料を入れる容器はガラス製のバイアルビン (協立理工、K-250) で、内寸で直径5cm、高さ11cm、内径5cm、容積約250mlのものを用いる (図3)。容器の上部は取り外せて、試料の出し入れが容易であるが、摺り合わせにより気密性を保持できる。頭頂部にブチルゴム栓をはめ込みガスタイトシリンジにより揮散したガスを採取する。ブチルゴム栓は1回で使い捨ての使用とする。

#### ② 試料の前処理と硫黄化合物ガスの採取

- a ふん試料5gを培養器に移す。この際、培養器の底部以外にふん試料を付着させないように注意する。1試料で2反復とする。

##### 注：ふん試料の容器内の形状

ふん試料は薬匙で混合後、適量を薬匙にのせ培養器内で別の薬匙でふん試料をかき落とし、その後重量を調整する。揮散面積が臭気物質の揮散量に影響することから、対照区と試験区でなるべく同じ形状になるようにする。

- b ブチルゴム栓を装着したガラス製の蓋をはめる。
- c 予め、30°Cに設定しておいた恒温水槽にバイアルビンを浸す。容器が動かないように金属バネ等で固定する。
- d 2時間放置後、容器中に揮散したガスをサンプリングする。何ml採取するかは、検出器の感度等により異なるので予め予備試料を用い確認しておくことよい。また、ガスタイトシリンジの内部に臭気が吸着するので、シリンジをブチルゴム栓に差し込んだ状態で2～3回ポンピングしてからサンプリングを行う。

##### 注：ふん試料の恒温水槽での放置時間

ふん試料は恒温水槽に浸してから10分以内で30°Cに保たれる。ほぼ2時間後になると、定量可能な濃度になるので、放置時間は2時間とする。1分析に必要な所要時間は約30分であるため、連続して分析するには次のふん試料を恒温水槽に浸す時間を約30分遅らせる必要がある。

- e 1回目の捕集が終了したら、培養器のガラス製の蓋を取り、アルミホイルを被せて、室温で24時間放置し、その後2回目の捕集を行う。



図3 硫黄化合物測定用バイアルビン

#### ③ ガスクロマトグラフ分析操作の手順

- a 注入口セプタムに孔があると気密性が保たれなくなり、セプタムから試料ガスがキャリアーガスとともに漏出することがあるので、注入口温度を上げる前に (分析開始前)、交換しておく。また、ガスタイトシリンジのプランジャーチップが緩んでくると、定量性がなくなるので使用前に必ず、確認する。
- b 採取したガスを注入口に注入する。
- c 速やかにカラムオープン温度を上昇させ、分析を開始する。  
なお、ガスクロマトグラフの分析法は成書<sup>6)</sup>に詳述されている。

#### ④ 硫黄化合物揮散量の算出とその評価

- a 培養器から揮散した硫黄化合物揮散量はガスクロマトグラフ分析で得られた値は

ng/mlとして表す。

- b 1回目および2回目の測定における対照区および資材添加区の各4頭2反復の値に基づき統計処理を行い有意性の検討を行う。

以上、各悪臭物質の測定方法を概説した。これらの測定方法において、同一試料を反復測定した場合の測定値の変動係数はいずれも10%以下であり、再現性のよい測定が可能であった。

ただし、この結果有意差が認められたからといって、官能的に差があることにはならない。後述の実施例2では、炭化脱脂米ぬか4%添加によりプロピオン酸の揮散量が約40%に低減された。この場合には個体差が大きかったため、有意差とはならなかったが、たとえ有意差が認められたとしても、この程度の差では必ずしも官能的に差があるとはいえない。アンモニア揮散量は1/5、低級脂肪酸揮散量および硫黄化合物揮散量が1/10になれば確実に官能で臭気が弱くなったことが判断できるとされている。本測定値の結果の解釈に当たっては十分留意する必要がある。

### 3) 散布型資材の評価(試案)

市販の散布型資材はきわめて多様である<sup>9)</sup>。大きく、微生物資材と鉱物系資材に分けられるが、それぞれについてもその作用機作は多岐にわたることが考えられる。したがって、散布型資材としてその評価法を記述するには十分な検討を経ておらず、以下に述べる方法は試案に過ぎないことを先ずお断りしておきたい。

ふんおよび尿の採取は基本的に経口投与型資材と同じでよい。ふん尿混合物に資材を散布する場合は代謝ケージに収容してふんと尿の分離採取が必要であるが、経口投与型資材の評価とは異なり、定量的採取は必要ないので、長い柄のついたヒシヤクを用いて雌豚の

排せつする尿を採取することもできる。また、尿道カテーテルを挿入して採取する方法も有効である。

ふんのみを対象とする場合は、群飼、平飼いでよく、豚房の床をきれいに清掃した後に排せつされたふんを収集すればよい。

採取した新鮮ふん尿は冷蔵庫に保存する。

#### (1) ふん尿混合物からのアンモニア揮散量の測定法

##### ① 試料の調製

ふん40gおよび尿160gを家庭用ミキサーに入れ、約15秒間攪拌混合し、均質化してからアンモニア揮散量測定用の培養器に全量に移し入れる。このふん尿混合物に資材をメーカーが推奨する量だけ加えてよく混ぜる。対照として、資材無添加の処理区を設け、いずれも3反復の測定を行う。

なお、後述の「実施例1」のように、添加量を一定としないで、添加量を段階的に変え、アンモニア揮散量が添加量に応じて変化することから、資材の添加効果を評価することもできる。この場合には、1つの添加水準につき2反復すれば十分である。

##### ② アンモニア揮散量の測定と評価

経口投与型資材の測定と同じに実施する。添加処理区および対照区の3反復のデータから有意差を検定する。

#### (2) ふんからの低級脂肪酸および硫黄化合物の測定法

##### ① 試料の調製

冷蔵保存していたふんをよく混合し、その中から低級脂肪酸の場合はふん10g、硫黄化合物の場合は5gを培養器に秤取り、資材メーカーが推奨する資材量を加えて、薬匙でよく混合する。対照として資材無添加区を設けて、いずれも3反復で実施する。

##### ② 低級脂肪酸および硫黄化合物の測定と資材の評価

経口投与型資材の測定と同じに実施する。

資材添加直後の測定が終了したら、培養器の蓋を取ってアルミホイルを被せて、室温に24時間放置し、その後に再び測定する。添加直後および24時間後のデータにもとづき、有意差の有無を検定する。

本測定により、資材添加直後、および24時間後における効果の有無が明らかになるが、微生物資材の場合は、添加効果が24時間以内に現れるという保証はない。したがって、この測定法で有意差が認められないからといって、この資材に臭気低減効果がないとはいえないが、1日1回の豚舎の除ふんを前提に考えれば、1日経ってから効果が現れてもあまり意味がない。

一方、鉱物系資材の場合は、「実施例1」のように、効果があるとすれば比較的早く現れると考えられるので、添加後24時間以内の測定でその効果を評価することができる。

### (実施例1)

#### 散布型市販悪臭防止資材の添加効果の評価

—豚ふん尿からのアンモニア揮散量<sup>9)</sup>—

##### 1) 方法

ふんおよび尿の窒素含量が、それぞれ、6.5

および12.3 mg/gであるような試料を、それぞれ、40 gおよび160 gに、鉱物系資材Aを0、0.5、1.0および1.5%加えた。当該資材のメーカーの推奨添加量は1～2%である。この資材の内容は、鉱物系ということだけで、詳細は不明である。なお、実験は各添加レベルで2反復で行った。

アンモニア揮散量の測定は実施要領と同様としたが、培養時間は48時間とした。

##### 2) 結果 (資材の添加効果)

供試した市販脱臭資材の添加量がアンモニア揮散量および培養開始時におけるふん尿混合物のpHに及ぼす影響について図4に示した。ふん尿混合物からのアンモニア揮散量は資材の添加量が1.0%までは直線的に減少したが、1.0および1.5%の添加では差がなかった。0.5、1.0および1.5%添加区でのアンモニア揮散量は、無添加区を100として、それぞれ、74、46および40%となった。

また、培養開始時のふん尿混合物のpHは添加量が1.0%になるまではほぼ直線的に低下し、1.5%添加区ではそれ以上の低下は認められず、無添加区のpH6.77に比較し、0.5、1.0

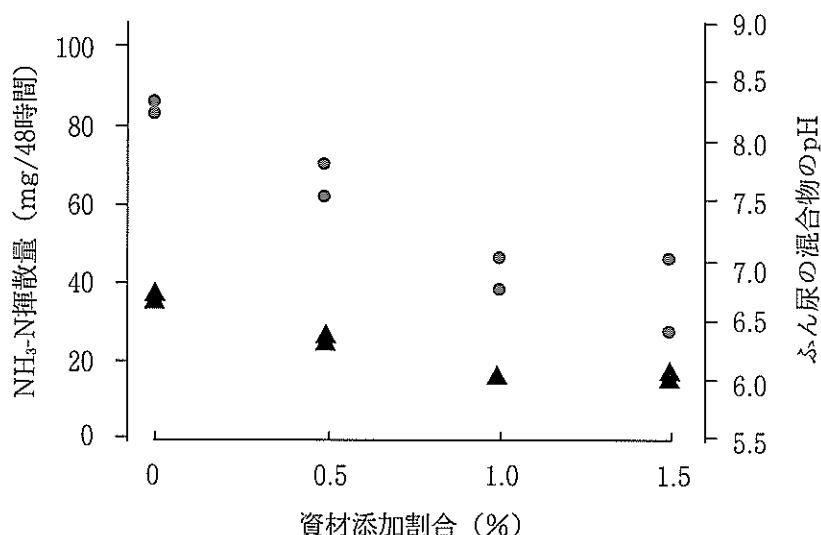


図4 豚ふん尿混合物への悪臭防資材添加がアンモニア揮散量 (●) および資材添加直後のpH (▲) に及ぼす影響 1区2反復

および1.5%添加区で、それぞれ、0.41、0.67 および0.71低かった。

本資材 5 gを蒸留水100mlに添加した溶液のpHは2.9と著しく低く、このことが当該資材を培養液に添加した場合にアンモニア揮散量を低下させた一因と考えられた。

このように、ふん尿混合物のpHを下げることでアンモニア揮散量を抑えることは可能であるが、そのことによってその後の堆肥の発酵や汚水処理に悪影響がないかどうかの検討が、別の問題として重要である。

## (実施例 2)

### 経口投与型資材としての

#### 炭化脱脂米ぬかの添加効果の評価 —豚ふんからの低級脂肪酸揮散量—

経口投与資材として添加効果があるとされている炭化脱脂米ぬか<sup>7)</sup>を飼料に添加し、その効果を低級脂肪酸の揮散量で評価した。

#### 1) 方法

体重約55kgの子豚12頭を平均体重がほぼ同じになるように、1試験飼料区あたり4頭ずつ3試験区に割り当て、4頭宛の群飼とした。給与試料は、市販飼料に炭化脱脂米ぬかを0、2および4%添加した3種類であった。

6日間の予備試験後に採ふんしたが、低級脂肪酸の分析は1試料、2反復で行うため、

分析点数が多いと1日で分析が行えないため、ふんの採取は2日間に分けて半数ずつ行った。午前9時30分～11時30分に排せつされた直後のふんを個体識別し、1個体あたり約100g採取した。採取した新鮮ふんは直ちにプラスチック製の容器に入れ、氷温下に保ち、実験室に持ち帰った。

採取したふん約50gを300mlのビーカーに入れ、アルミホイルで蓋をした後、30℃の恒温槽内で1晩放置した。翌日、ビーカー内のふんをよく混合し、10gを培養器に入れ吸気時間15分、吸気量500ml/minの条件でふんから発生する低級脂肪酸を捕集し、ガスクロマトグラフの分析を行った。「実施要領」では1日間(24時間)に排せつされるふんを集めることになっているが、この場合は排せつ直後の新鮮ふんを採取したため、条件をそろえる意味から1晩放置した。また、「実施要領」では直後と24時間後の2回に揮散量を測定することにしているが1回のみ実施した。

#### 2) 結果(炭化脱脂米ぬかの添加効果)

結果を表1に示したが、4%添加区では、乾物1gあたりのプロピオン酸揮散量は約40%に少なくなったが、有意差は認められなかった。山形養豚試の齋藤・秋葉<sup>7)</sup>は100Lビニール袋法<sup>8)</sup>を用いて、炭化脱脂米ぬか2%を豚の飼料に添加給与した場合、対照区と比較し

表1 炭化脱脂米ぬかを添加した市販飼料を給与した肥育豚のふんからのVFA発生量 (ng)

処理区	プロピオン酸	n-酪酸	n-吉草酸	i-吉草酸
市販飼料	137±65	56.3±17.1	4.9±1.7	4.3±1.5
2%添加	101±52	41.2±15.7	4.3±1.3	4.3±0.4
4%添加	53±34	26.8±15.9	3.9±2.2	3.9±2.4

4頭の平均値±標準偏差。処理区間で有意差なし。  
試料量10g；吸気時間15分；吸気量500ml/分

て低級脂肪酸発生量が8～9割減少することを報告しているが、反復誤差等の検討はしておらず、統計的にみて有意差があったかどうかは明らかではない。低級脂肪酸の揮散量の個体差は本試験のプロピオン酸の場合、変動係数は約50%と大きかった。日本科学飼料協会が100Lのビニール袋法で行った経口投与型の資材を評価した試験データ<sup>6)</sup>を計算すると、1ブロック4頭の群飼のふんを混合したものであっても、6ブロックのプロピオン酸、n-酪酸、n-吉草酸およびi-吉草酸の変動係数は、それぞれ、38.5、55.8、57.4および81.8%ときわめて大きかった。今後は、このような変動を考慮して、豚の供試頭数を決定する必要があると考えられる。

(山本 朱美)

#### 引用文献

- 1) 羽賀清典：畜産環境対策大事典（第2版）、p595-637、農文協、東京（2004）
- 2) 本多勝男・宮崎光加・米持勝利：畜産臭気の抑制・消臭に関する試験、神奈川県畜産試験場成績（平成4年度）15-21、1993.
- 3) 山本朱美、伊藤 稔、古谷 修：豚ふん尿混合物からのアンモニア揮散量のin vitro測定法、日本畜産学会報、73.503-508. 2002.
- 4) 山本朱美、伊藤 稔、古谷 修：豚ふん尿混合物のpH、尿中窒素含量および脱臭資材の添加がin vitroアンモニア揮散量に及ぼす影響、日本畜産学会報、74.369-373. 2003.
- 5) 石橋 晃：新編 動物栄養試験法、p460、養賢堂、東京、(2001).
- 6) 財団法人環境衛生センター（監修）：特定悪臭物質測定マニュアル、財団法人環境衛生センター、神奈川、(1998).
- 7) 齋藤常幸・秋葉宏之：炭化脱脂米ぬかによる豚舎臭気の低減、日本養豚学会誌、40. 155-158. 2003.
- 8) 高木久雄、花積三千人、山崎広明、藤崎浩和、米持千里：悪臭防止を目的とした飼料の効果および適正使用に関する試験、平成8年度新飼料適正使用体制確立調査事業報告書、(株)日本科学飼料協会、東京、(1998).

## V 委員会・会議等の開催

1) 畜産環境技術開発普及進事業に係る事業推進委員会の開催

日 時 平成 16 年 8 月 2 日 (月) ~ 3 日 (火)

場 所 畜産環境技術研究所 (福島県西白河郡西郷村大字小田倉)

議 題

- (1) 平成 15 年度畜産環境技術開発普及事業の実施状況について
- (2) 平成 16 年度事業実施計画及び進捗状況について
- (3) その他

2) 畜産環境技術開発普及事業に係る在野技術検討委員会

日 時 : 平成16年9月6日(月) 10:30~17:00

場 所 : (財)畜産環境整備機構会議室

議 題

- (1) 家畜ふん尿処理サポートシステム等の開発事業の概要について
- (2) 本研究課題の進め方について
- (3) 平成15年度在野技術情報の収集、調査結果について
- (4) 研究対象とすべき在野技術について
- (5) その他

3) 簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業に係る

第 1 回中央検討委員会

日 時 : 平成16年11月22日(月) 10:00~17:00

場 所 : (財)畜産環境整備機構会議室

議 事

- (1)簡易低コスト処理施設の開発実証に係る調査研究報告書の検討及び審査
  - ア 調査研究報告書の概要
  - イ 検討及び審査
  - ウ 事業報告書の内容 (案)
  - エ 報告書作成のスケジュール (案)
- (2) 効率的処理技術等情報システムの整備事業の実施状況について
- (3) 堆肥の品質実態調査の実施状況について
- (4) その他



4) 簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業北海道・東北地方検討会

日 時 平成16年12月2日(木) 13時30分～17時 地方検討委員会

3日(金) 9時～12時30分 現地検討会

場 所 山形県最上郡上町 観松館 会議室

議 題

- (1) 北海道の畜産環境問題の現状と課題(北海道酪農畜産課)
- (2) 東北地域の畜産環境問題の現状と課題について(東北農政局畜産課)
- (3) みんなでする土作り  
(山形県庄内総合支庁産業経済部農業普及課)
- (4) 実証施設の調査成果の概要報告及び検討(北海道農業研究センター、北里大学、北海道、宮城県、山形県、家畜改良センター)
- (5) 「研究所提案課題」の概要と報告書  
(研究への指摘事項について;畜産環境技術研究所)
- (6) 情報システム整備および堆肥の品質実態調査結果について  
(畜産環境技術研究所)
- (7) 調査報告書とりまとめ様式、スケジュール等について  
(畜産環境技術研究所)
- (8) その他(事業終了に伴う事務手続き等)

5) 簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業関東地方検討委員会

日 時 平成16年12月21日(火) 13時～17時 地方検討委員会

～12月22日(水) 9時～12時30分 現地検討会

場 所 長野県松本市深志1-4-1 JA 中信会館 会議室

議 題

- (1) 関東地域の畜産環境問題の現状と課題について(整備の進捗状況と今後の対応を含む。)(関東農政局生産経営流通部畜産課)
- (2) 野菜畑での土づくりの方向について  
(長野県中信農業試験場畑作栽培部)
- (3) 実証施設の調査成果の概要報告及び検討  
(黒磯市、栃木県、群馬県、埼玉県、神奈川県、長野県、静岡県)
- (4) 「研究所提案課題」の概要と報告書(案)への指摘事項について  
(畜産環境技術研究所)

- (5) 調査報告書とりまとめ様式、スケジュール等について  
(畜産環境技術研究所)
- (6) 情報システム整備および堆肥の品質実態調査結果について  
(畜産環境技術研究所)
- (7) 調査報告書とりまとめ様式、スケジュール等について  
(畜産環境技術研究所)
- (8) その他
  - ア 事業終了に伴う事務手続き等
  - イ 「コンポテスター」の使用上の留意点および最新情報

6) 簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業東海・近畿地方検討委員会

日 時 平成 16 年 1 月 24 日 (月) 13 時～17 時

1 月 25 日 (火) 8 時 45 分～12 時 30 分

場 所 三重県庁 6 階農水商工部ミーティングルーム  
(三重県津市広明町 13) TEL059-224-2541 農畜産室)

議 題

- (1) 東海地域及び近畿地域の畜産環境問題の現状と課題について  
(東海農政局、近畿農政局生産経営流通部畜産課)
- (2) 水田における堆肥利用について  
(三重県中央農業改良普及センター専門技術室食料自給グループ)
- (3) 実証施設の調査成果の概要報告及び検討  
(三重県、京都府、大阪府、兵庫県)
- (4) 「研究所提案課題」の概要と報告書(案)への指摘事項について  
(畜産環境技術研究所)
- (5) 情報システム整備および堆肥の品質実態調査結果について  
(畜産環境技術研究所)
- (6) 調査報告書とりまとめ様式、スケジュール等について  
(畜産環境技術研究所)
- (7) その他
  - ア 事業終了に伴う事務手続き等
  - イ 「コンポテスター」の使用上の留意点および最新情報

7) 簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業の九州地方検討委員会

日 時 平成17年2月17日(日) 13時30分～17時 地方検討委員会

2月18日(金) 9時～12時 現地検討会

場 所 ブルーウエーブ鹿児島 2階 楠1会議室

(鹿児島市山之口町 2-7) 電話 099-224-3211)

議 題

- (1) 九州地域の畜産環境問題の現状と課題について  
(九州農政局生産経営流通部畜産課)
- (2) 鹿児島県における家畜堆肥の施用事例  
(鹿児島県農政部経営技術課)
- (3) 実証施設の調査成果の概要報告及び検討  
(福岡県、九農研セ、宮崎県、鹿児島県)
- (4) 「研究所提案課題」の概要と報告書(案)への指摘事項について  
(畜産環境技術研究所)
- (5) 情報システム整備および堆肥の品質実態調査結果について  
(畜産環境技術研究所)
- (6) 調査報告書とりまとめ様式、スケジュール等について  
(畜産環境技術研究所)
- (7) その他
  - ア 事業終了に伴う事務手続き等
  - イ 「コンポテスター」の使用上の留意点および最新情報

8) 簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業に係る

第2回中央検討委員会

日 時 : 平成17年3月15日(月) 10:00～12:30

場 所 : (財)畜産環境整備機構会議室

議 事

- (1) 簡易低コスト処理施設開発実証事業
  - ア 平成16年度事業実施状況
  - イ 報告書(案)について
- (2) 効率的処理技術等情報システム整備事業

- ア 平成 16 年度事業実施状況
- (3) 堆肥の品質実態調査事業
  - ア 平成 16 年度事業実施状況
  - イ 報告書（案）について
- (4) その他

## VI 職員の普及活動等

## 1. 発表学術論文

- 山本朱美：豚における尿中窒素排泄量および糞尿からのアンモニア発生量の低減技術（解説）  
日豚会誌、41:175-184、2004.
- 古谷 修・古川智子・山本朱美・小堤恭平・伊藤 稔：酸素消費量測定による家畜ふん堆肥  
初期発酵の評価、土肥誌、75:471-474、2004.
- 古谷 修：豚の栄養生理に関する最近の研究動向、栄養生理研究会報、48:43-58、2004.
- 古谷 修：最近開発された新技術の紹介、日豚会誌、41:284-289、2004.
- (山口昇一郎)・山本朱美・(村上徹哉)・伊藤 稔・古谷 修：アミノ酸添加低タンパク質飼  
料へのミカンジュース粕の配合が豚の発育、背脂肪厚、肉色および窒素排せつ量  
に及ぼす影響、日豚会誌、42:20-26、2005.

## 2. 学会・研究会口頭発表

- 小川雄比古・古谷修・小堤恭平・亀岡俊則・長峰孝文・山本朱美・古川智子・北澤貴一・野口政志：  
畜舎污水处理施設のコスト比較、第7回日本水環境学会シンポジウム、9月、講  
演要旨 37-38、2004.
- 古谷 修・古川智子・小堤恭平：堆肥熟度判定器「コンポテスター」の使用例、日本土壤肥  
料学会2004年度福岡大会、9月、2004.
- 古谷 修：公開シンポジウム《待ったなし、豚のふん尿処理・利用対策》、最近開発された  
新技術の紹介、第82回日本養豚学会大会、10月、2004.
- 長峰孝文・山本朱美・古川智子・小川雄比古・小堤恭平・古谷 修：発酵床豚舎の床成分の  
調査とミネラル成分蓄積の試算、第82回日本養豚学会、10月、講演要旨集 p11、  
2004.
- 長峰孝文・亀岡俊則・山本朱美・古川智子・小川雄比古・小堤恭平・古谷修：ユーグレナ  
(ミドリムシ)を用いたメタン発酵消化液の浄化および資源回収技術の開発—ユー  
グレナの培養による消化液成分のアンモニア及びリン酸濃度の低下—、農業土木  
学会資源循環研究部会平成16年度研究発表会、11月、発表要旨集 119-125、2004.
- 小川雄比古：生活排水処理汚泥の重金属の実態、資源循環研究部会、11月、講演要旨99-102、  
2004.
- 小堤恭平：簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及事業の成果の概要について、農政研  
究会（平成16年度第2回）、12月、59-98、2004.
- 山本朱美・喜多純一(島津製作所)・小川雄比古・小堤恭平・古谷 修：堆肥の客観的臭気判  
定のための「におい識別装置」の検討、日本畜産学会第104回大会、3月、講演  
要旨集 p.145、2005.
- 小川雄比古・長峰孝文・山本朱美・古川智子・小堤恭平・古谷修・亀岡俊則・北澤貴一：  
畜舎污水处理施設の設計諸元に関する考察、第39回日本水環境学会年会、3月、  
講演要旨 p358、2005.

## 3. 普及誌等

- 山本朱美：豚舎内の臭い成分の発生量を減らす栄養的アプローチ、ピッグジャーナル、11月  
号、38-40、2004.

小川雄比古：山岳地域のトイレ、空気調和・衛生工学会誌、79、225-228、2005。  
小川雄比古：国際協力・中国の水環境の修復、金沢学生新聞、7.20、2004。  
長峰孝文：デンマークバイオガス研修旅行に参加して(1)、畜産の研究、7月号、814-821、2004。  
長峰孝文：デンマークバイオガス研修旅行に参加して(2)、畜産の研究、8月号、926-934、2004。  
長峰孝文：活性汚泥施設のトラブル診断システム、畜産技術、12月号、16-18、2004。  
長峰孝文：「ふん尿削減型」発酵床豚舎の床の成分(その1)、消えたふん尿と床資材、養豚の友、1月号、33-36、2005。  
長峰孝文：「ふん尿削減型」発酵床豚舎の床の成分(その2)、発酵床は何年続けられるか?、養豚の友、2月号、56-58、2005。  
古谷 修：よく分かる養豚環境問題一問一答③「完熟堆肥の定義とは?」、ピッグジャーナル、3月号、50-51、2005。  
汚水処理サポートシステムを公開中 <http://www.chikusan-kankyo.jp/osuiss/index.htm>

#### 4. 著書等

古谷 修：酸素消費量に基づく堆肥の簡易熟度判定器「コンポテスター」、農業技術体系(土壌施肥編)、第7-1巻(追録第16号)、農文協、資材64の1の20-64の1の23、2005。

#### 5. 畜産環境アドバイザー養成研修会講師

小川雄比古(2004.7)：汚水処理施設の設計・審査技術研修(平成16年度第2回)  
小川雄比古(2004.12)：汚水処理施設の設計・審査技術研修(平成16年度第4回)  
小川雄比古(2005.2)：臭気対策および新規処理技術研修(平成16年度第1回)  
山本 朱美(2005.2)：臭気対策および新規処理技術研修(平成16年度第1回)

#### 6. その他の研修会等講師

小堤 恭平(2004.10)：中央畜産技術研修会(畜産環境保全Ⅱ)  
古谷 修(2004.11)：中央畜産技術研修会(新技術)  
小川雄比古(2005.1)：第50回水環境学会セミナー、小規模排水の処理技術3 畜舎汚水(東京都)  
小川雄比古(2005.3)：十勝管内農協畜産技術員研究会(雑排水処理対策研修会)、今後の雑排水処理対策に向けて[基礎編]、(帯広市)

#### 7. 応嘱委員等

古谷 修：農業資材審議会委員(農林水産省)  
古谷 修：平成16年度流通飼料畜産環境改善機能高度化推進事業における企画検討委員会委員(日本科学飼料協会)  
古谷 修：家畜飼養標準等検討委員(㈱農業・生物系特定産業技術研究機構)  
古谷 修：中央畜産コンサルタント団員(中央畜産会)  
古谷 修：家畜改良センター調査研究アドバイザー(家畜改良センター)  
小川雄比古：福島県資源循環型農業推進会議委員

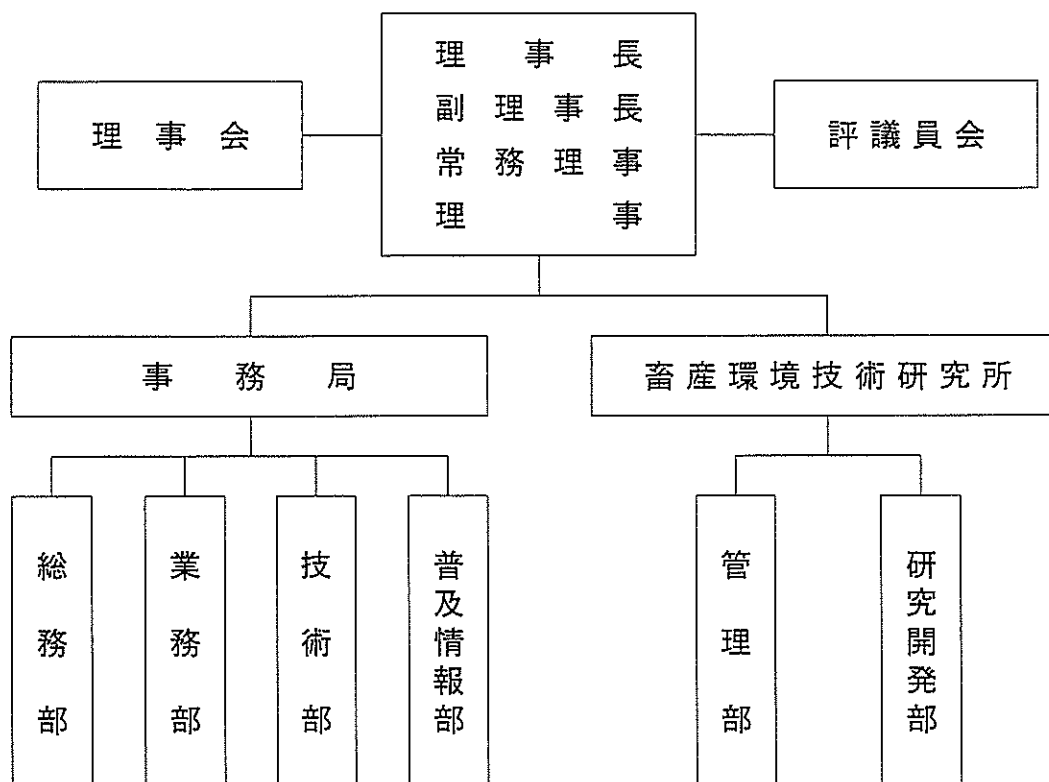
## VII 総務関係



# 1. 組織図

## 1) 組織図

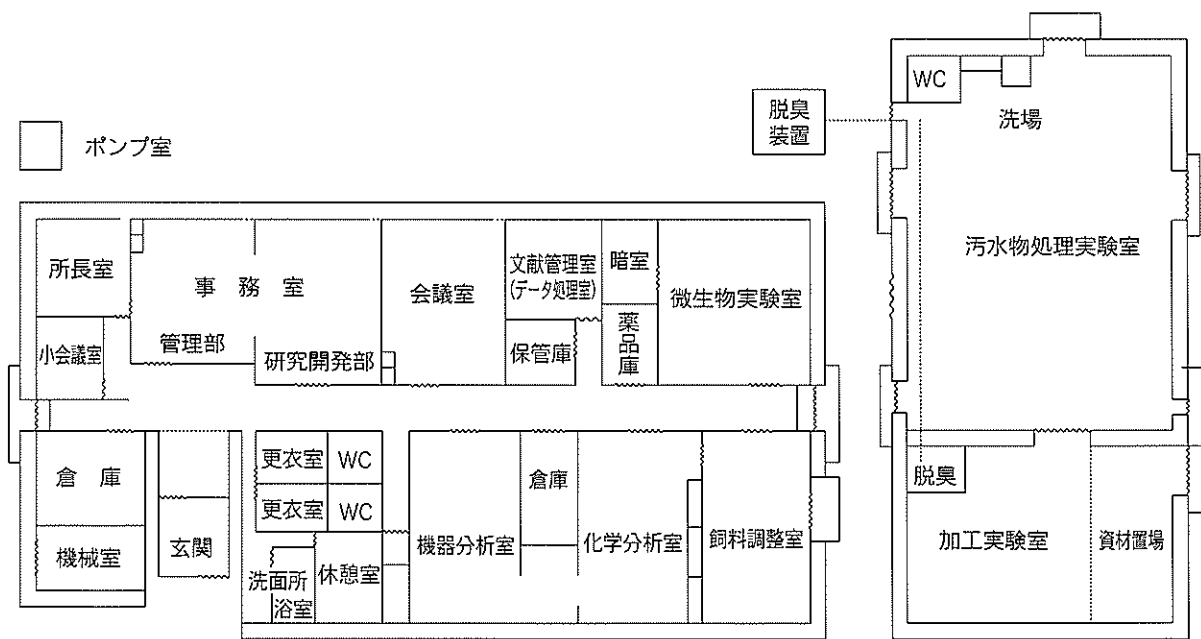
(平成17年3月31日現在)



## 2. 施設および平成16年度導入機器

### 1) 建 物

区 分	名 称	構 造
事務所建	研究所本体	鉄筋コンクリート 平屋建 794.65㎡
倉庫建	ポンプ室	鉄筋コンクリート 平屋建 10.89㎡
倉庫建	実 験 棟	鉄骨平屋建 700.00㎡



研究所建物平面図

## 2) 主な新規導入機器

名 称	型式・メーカー	数 量	金 額 (円)
幼植物栽培装置	富士平さいばい君	2 台	290,000×2
連続流れ分析装置	ビーエルテック (株) AACS2ch	1 式	9,800,000
光量子計	ケー・エンジニアリング QSP-2100-Long	1 台	441,000
藻類培養実験装置	センサー制御板等	1 式	1,853,720
ビーズ式細胞破碎装置	(株)トミー精工 Micro Smash™ MS-100	1 式	567,800

## VIII 資料

「酸素消費量測定による家畜ふん堆肥初期発酵の評価」

(日本土壌肥料学雑誌、論文再録)

## 酸素消費量測定による家畜ふん堆肥 初期発酵の評価\*

古谷 修\*\*・古川智子\*\*・山本朱美\*\*  
小堤恭平\*\*・伊藤 稔\*\*\*

キーワード 堆肥, 家畜ふん尿, 初期発酵, 発酵促進資材, 酸素消費量

### 1. はじめに

堆肥の製造に当たっては、初期発酵をいかにうまく進めるかが重要である。そのためには、堆肥化材料の水分と通気量の適正な調整が必要であるが、堆肥化材料によって適正値は異なる<sup>1)</sup>。また、発酵促進のため、各種の発酵促進資材が用いられる場合があり、米ぬか<sup>2)</sup>、廃食油<sup>3)</sup>、豆粕<sup>4)</sup>等の栄養源の添加によって堆肥の初期発酵が促進されることが知られている。さらに、堆肥の発酵促進を目的とした微生物資材も多く市販されているが、これらの発酵促進効果については不明な部分が多い<sup>1,5)</sup>。従来、堆肥化材料の適正水分の判定や発酵促進物質の添加効果は堆肥化実験装置によって評価されることが多い<sup>4,6)</sup>が、この種の実験には、大量の堆肥化材料と手間が掛かり、設定する試験処理区数にも自ずから制限がある。

最近、著者らは、堆肥の酸素消費量に基づく堆肥熟度判定器「コンポテスター」を開発し、堆肥化にともなう堆肥品温と酸素消費量の関係について報告した<sup>7)</sup>。堆肥の酸素消費量は微生物による発酵活動の程度を反映するものであり、堆肥の発酵初期の酸素消費量を測定することにより、初期発酵の良否が評価できると考えられる。

そこで、乳牛ふんあるいは豚ふん主体の堆肥化材料の水分含量を変えた試料、および乳牛ふん主体の堆肥化材料に各種資材を添加した試料について、堆肥化初期における酸素消費量を調べ、「コンポテスター」による酸素消費量の測定で、堆肥初期発酵の良否の評価が可能であることが示唆されたので報告する。

Shu Furuya, Chieko Furukawa, Akemi Yamamoto, Kyohei Ozutsumi and Minoru Itoh: An Evaluation Technique of the Early Stage of Fermentation in Animal Manure Composts by Biological Oxygen Consumption Rates

\* 本報の一部は平成 15 年度日本土壌肥料学会東北支部大会(秋田市)および日本畜産環境学会第 2 回大会(東京)で発表した。

\*\* (財)畜産環境整備機構畜産環境技術研究所 (961-8061 福島県西白河郡西郷村大字小田倉字小田倉原 1)

\*\*\* 同上(現在、(社)農林水産技術情報協会 103-0026 東京都中央区日本橋兜町 15-6)

2004 年 1 月 8 日 受付・2004 年 3 月 29 日 受理

日本土壌肥料学雑誌 第 75 巻 第 4 号 p. 471~474 (2004)

### 2. 試験方法

#### 1) 「コンポテスター」による酸素消費量の測定

前報<sup>7)</sup>と同様に「コンポテスター」によって酸素消費量を測定した。すなわち、試料 50 g を容器に入れて 35°C に保温した恒温装置に予め約 30 分間置いた後、これを「コンポテスター」に装着、密閉して 35°C で 30 分間保持して酸素消費量を測定した。酸素消費量は、試料(現物) 1 g、1 分間あたりに消費される量(μg)が表示される。1 回目の測定が終了した試料入り容器はアルミ箔で覆いをして再び恒温装置に戻して次の測定まで置き、2~4 時間ごとに実験 1 では 32 時間、実験 2 および 3 では 48 時間にわたり測定を繰り返した。なお、実験 1~3 の各処理区について 2 反復で酸素消費量を測定した。

本実験では、試料の水分調整のためにおが屑を用いたが、おが屑の添加によって酸素消費が阻害あるいは促進されるようなことはないことが確かめられている(古谷ら、未発表)。

#### 2) 堆肥化材料の水分含量と酸素消費量の関係(実験 1)

実験 1 では、乳牛ふん(水分含量 0.82 kg kg<sup>-1</sup>)および豚ふん(水分含量 0.73 kg kg<sup>-1</sup>)におが屑を混ぜ、水分含量が、それぞれ、0.50~0.80 kg kg<sup>-1</sup> および 0.40~0.70 kg kg<sup>-1</sup> になるようにいずれも等間隔で 4 段階に調整して酸素消費量を測定した。

#### 3) 各種資材の添加と酸素消費量の関係(実験 2)

実験 2 では、実験 1 とは異なる乳牛ふん(水分含量 0.83 kg kg<sup>-1</sup>)を用い、おが屑を混ぜて水分を 0.70 kg kg<sup>-1</sup> に調整した。この試料 50 g に廃食油(使用済み植物油)、グルコースおよび米ぬかをいずれも 3 g 添加して試料調製後 35°C に保温した恒温装置に 30 分間置いた後、直ちに酸素消費量を測り、その後 2~4 時間間隔で 48 時間にわたり測定した。なお、資材無添加の処理を対照区として設けた。

#### 4) 市販発酵促進資材の添加と酸素消費量の関係(実験 3)

実験 3 では、実験 2 と同様の乳牛ふんとおが屑を混ぜて水分を 0.70 kg kg<sup>-1</sup> に調整し、この試料 50 g に微生物資材 A、B および C をそれぞれ 0.1、0.5 および 1.5 g、鉍物質資材 D(二価鉄主体)を 1.5 g 添加した。また、米ぬか 1.5 g 添加区を設けた。なお、資材 B の添加区にはメーカーの資材使用指示にしたがって米ぬか 1 g を別に添加した。実験 3 においては、供試点数の関係から、1 回目の実験には資材 A および D、2 回目には資材 B、資材 C および米ぬかを供試し、いずれも実験 2 と同様の資材無添加の対照区を設けた。

#### 5) 分析方法および酸素消費量積算値の算出

試料の水分含量は 105°C での乾燥恒量法<sup>8)</sup>により測定し、湿重量当たりで表した。実験 1 では、乳牛ふんあるいは豚ふんにおが屑を添加して水分調整を行い、その水分調整後の試料を 50 g 供試したため、供試した乳牛ふんあるいは豚ふんの重量は水分含量によって異なった。そこで、

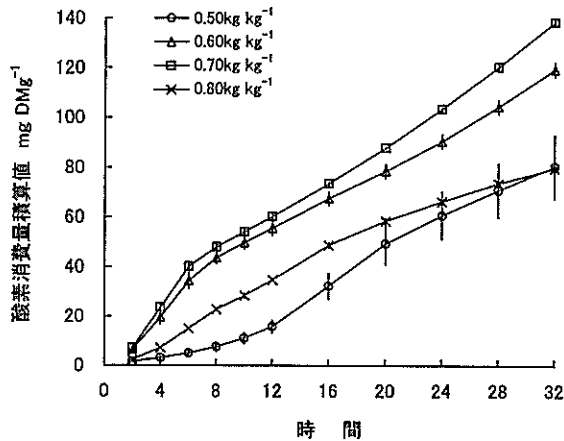


図1 堆肥化材料の水分含量と酸素消費量積算値の関係(乳牛ふん)  
各測定値のバーは2反復の高値と低値の幅を示す。

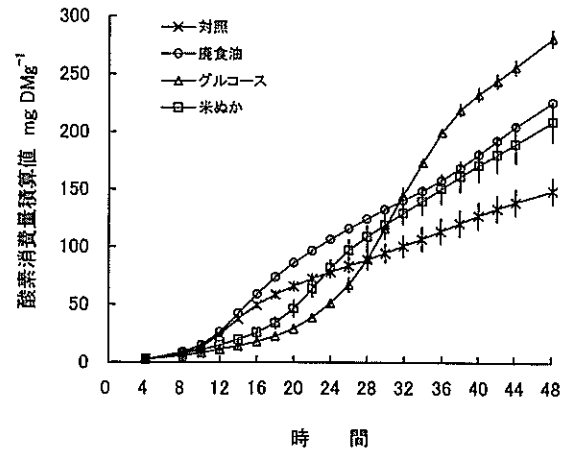


図3 乳牛ふん堆肥化材料に廃食油、グルコースおよび米ぬかを添加した場合の酸素消費量積算値の比較  
各測定値のバーは2反復の高値と低値の幅を示す。

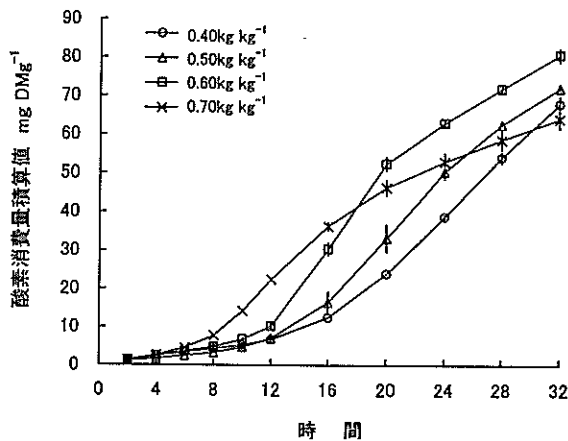


図2 堆肥化材料の水分含量と酸素消費量積算値の関係(豚ふん)  
各測定値のバーは2反復の高値と低値の幅を示す。

実験2および3を含めて、結果はすべて供試したふんの乾物量(DM)当たり換算して示した。酸素消費量は、各時間までの積算値として算出したが、この算出では、隣り合う2つの測定時間の間では酸素消費量は直線的に変化したと仮定した。なお、実験終了の32あるいは48時間後の試料量は、開始時よりも1~2g減っていたが、特に考慮しなかった。

### 3. 結果および考察

#### 1) 堆肥化材料の水分含量と酸素消費量の関係(実験1)

実験1の乳牛ふんおよび豚ふん試料における32時間における酸素消費量積算値の経時変化をそれぞれ図1および2に示した。乳牛ふん試料の水分含量が0.50、0.60、0.70および0.80 kg kg<sup>-1</sup>の場合の32時間における酸素消費量積算値の平均は、それぞれ、80、119、138および80 mg DM g<sup>-1</sup>で、水分含量が0.70 kg kg<sup>-1</sup>の場合がもっとも高く、次いで0.60 kg kg<sup>-1</sup>となり、水分含量が0.50および0.80 kg kg<sup>-1</sup>の場合には低かった。

豚ふん試料では、水分含量が0.40、0.50、0.60および

0.70 kg kg<sup>-1</sup>の場合の32時間における酸素消費量積算値の平均は、それぞれ、68、72、81および64 mg DM g<sup>-1</sup>で、水分含量が0.60 kg kg<sup>-1</sup>の場合がもっとも高く、次いで0.50、0.40 kg kg<sup>-1</sup>の順となり、水分含量が0.70 kg kg<sup>-1</sup>の場合には最初の立ち上がりは早かったが、32時間の積算値ではもっとも低かった。

堆肥化に当たっては、堆肥化材料の水分を適正に調整する必要のあることは周知の事実であるが、適正な水分含量は堆肥化材料によっても異なることが知られている<sup>1,9)</sup>。本実験の結果では、乳牛ふん試料では水分0.70 kg kg<sup>-1</sup>が、また、豚ふん試料では水分0.60 kg kg<sup>-1</sup>の場合が堆肥化材料調整後32時間における酸素消費量積算値がもっとも高くなることが示された。従来、乳牛ふん堆肥および豚ふん堆肥の堆肥化開始時の適正な水分含量は、おが屑を副資材として用いた場合、それぞれ、0.72および0.62 kg kg<sup>-1</sup>程度とされており<sup>1)</sup>、今回の試験成績はこれとほぼ一致した。このことは、「コンポテスター」による酸素消費量から個々の堆肥化材料における適正な水分含量の推定が可能であることを示唆するものと考えられる。

#### 2) 各種資材の添加と酸素消費量の関係(実験2)

実験2の結果を図3に示した。48時間の酸素消費量積算値は、グルコース添加区では平均281 mg DM g<sup>-1</sup>と高く、次いで廃食油226 mg DM g<sup>-1</sup>、米ぬか210 mg DM g<sup>-1</sup>の順で、資材無添加の対照区は149 mg DM g<sup>-1</sup>でもっとも低かった。

米ぬかの添加が堆肥発酵を促進することはよく知られており<sup>2)</sup>、本実験においても、堆肥化材料に米ぬかを添加することによって試料調整後48時間の酸素消費量積算値が無添加の場合に比較して高まることが明らかにされた。また、廃食油にも同様の効果が認められ、堆肥化実験装置を用いた結果<sup>3)</sup>と一致した。米ぬかや廃食油の添加で酸素消費量積算値が高まった理由として、易分解性有機物を多量に含む物質を堆肥化材料に加えたことによってそれ自身が分解されたことが考えられるが、このような資材の添加が

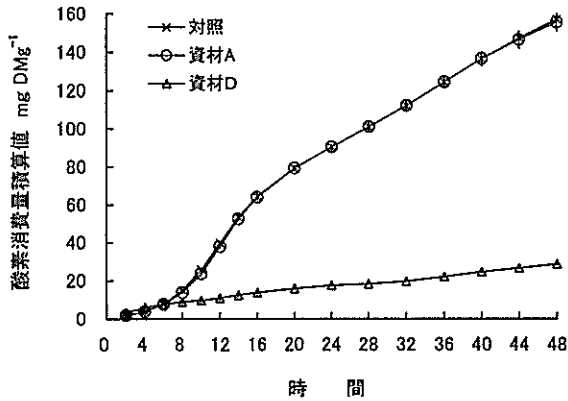


図4 乳牛ふん堆肥化材料に資材 A および D を添加した場合の酸素消費量積算値の比較  
各測定値のバーは 2 反復の高値と低値の幅を示す。

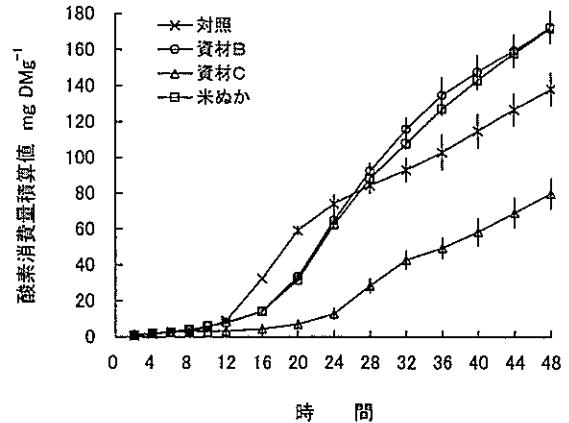


図5 乳牛ふん堆肥化材料に資材 B, 資材 C および米ぬかを添加した場合の酸素消費量積算値の比較  
各測定値のバーは 2 反復の高値と低値の幅を示す。

本来の堆肥化材料である乳牛ふんそのものの発酵にどのような影響を与えたかどうかは不明である。家畜ふん尿には多量の易分解性有機物が含まれているため、通常は栄養源の添加は必要ない<sup>1)</sup>とされるが、特に寒冷期の堆肥化においては米ぬかや廃食油のような栄養源の添加が効果があるかもしれない。

堆肥化材料にグルコースを添加した場合には、堆肥化初期の酸素消費量は低かったが、24時間以降に著しく高まった。グルコースは大腸菌等の腸内細菌の良好な基質であり<sup>10)</sup>、発酵初期には腸内細菌が優勢であるため嫌気的条件下でグルコースの代謝が進むが、その後グルコースの代謝産物が好気的条件下で利用されるようになったことを反映しているものと考えられる。

### 3) 市販発酵促進資材の添加と酸素消費量の関係(実験3)

実験3の結果を図4および5に示した。図4は、資材無添加の対照区と資材 A あるいは鉍物質資材 D を添加した場合の酸素消費量積算値の経時変化である。対照区および資材 A 添加区はまったく同じ経時変化をたどり、48時間における酸素消費量積算値においても、それぞれ、157 および 155 mg DM g<sup>-1</sup> とほぼ一致した。一方、資材 D を添加した場合には、29 mg DM g<sup>-1</sup> で他の 2 区に比較してきわめて低かった。図5は、資材無添加の対照区、資材 B あるいは C 添加区および米ぬか添加区の酸素消費量積算量を比較したものである。48時間では、それぞれ、138, 173, 80 および 172 mg DM g<sup>-1</sup> となり、資材 B 添加区および米ぬか添加区はほぼ同様の動きを示し、対照区に比較して高くなった。資材 C 添加区の酸素消費量積算値は最低となった。

家畜ふん尿処理・利用に係る添加資材としてさまざまなものが市販されており、その中には堆肥の発酵促進を目的とするものも多い<sup>5,6)</sup>。発酵促進市販資材は、微生物資材、鉍物質資材、微生物と無機塩類や米ぬかなどが混合されている資材など多様であるが、本研究では、微生物資

材として A, B および C の 3 種および鉍物質資材 D の 1 種類を供試してその添加効果を調べた。試料調整後 48 時間における酸素消費量積算値から添加効果を評価すると、資材 A は添加効果も発酵阻害効果もまったく認められず、また、資材 C はむしろ発酵阻害効果が認められた。資材 B 添加区は無添加の対照区に比較して高かったが、既述のように、資材 B の場合はメーカーの指示により米ぬか 1 g を別に添加しており、48 時間の酸素消費量積算値が米ぬか 1.5 g の単独添加とほぼ同じであったところから、資材 B 添加区で認められた効果は米ぬか添加に起因すると考えた方が妥当であろう。鉍物質資材 D の添加によって酸素消費量は著しく低くなった。この理由は明らかではないが、この資材をふん尿に散布すると pH が低下してふん尿からのアンモニア揮散量が低減されることが知られている<sup>11)</sup>ところから、本実験で認められた堆肥の初期発酵の著しい阻害作用も資材 D の添加による pH の低下によるものが考えられる。堆肥発酵には堆積物の pH が大きく影響し、酸素消費量は pH 7 以下では低くなり、pH が 5 以下ではほとんどゼロとなる<sup>9)</sup>。

堆肥化促進を目的とした市販資材の効果については賛否両論があり、ある資材が農家によって効果があったりなかったりする例も多い<sup>15)</sup>。このような堆肥化促進資材の効果の有無は、最終的には実規模の堆肥化実験で確かめる必要があるが、その実施には大量の堆肥化材料と手間が掛かる。この点から、本実験に用いた酸素消費量による評価は、簡易で、有効な方法であると考えられる。

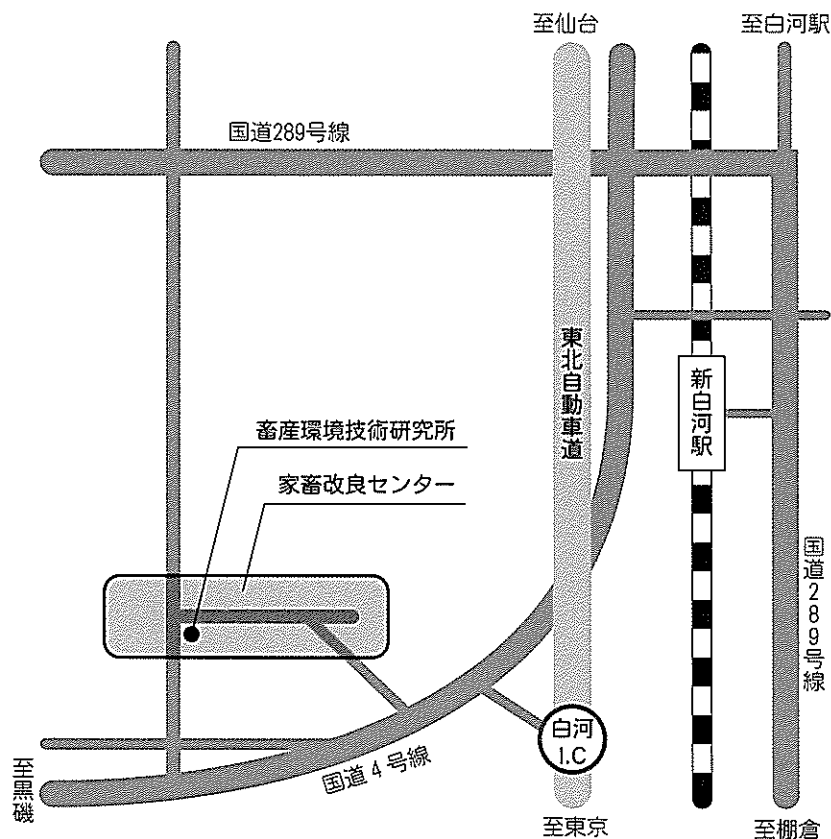
謝辞 堆肥化材料の提供を賜った(独)家畜改良センターの関係各位に厚くお礼申し上げます。また、本論文の作成に当たって貴重なご助言を賜った当研究所の亀岡俊則氏および長峰孝文氏に深謝します。なお、本研究の一部は、農林水産省の「農林水産バイオリサイクル研究」において、(独)農業・生物系特定産業技術研究機構畜産草地研究所からの委託を受けて実施したものである。

文 献

- 1) 中央畜産会編：堆肥化施設設計マニュアル，p. 1～31，(社)中央畜産会，東京 (2000)
- 2) 金子美登：有機農業ハンドブック，p. 13～29，(社)農山漁村文化協会，東京 (1999)
- 3) 崎元道男：廃食用油のリサイクル利用—堆肥化の促進材としての利用—，平成 13 年度大阪食とみどりの新技術，p. 1～2，大阪府立食とみどりの総合技術センター，大阪 (2002)
- 4) Hanajima, D., Kuroda, K. and Haga, K.: Enhancement of the thermophilic stage in cattle waste composting by addition of tofu residue. *Bioresour. Technol.*, **78**, 213～216 (2001)
- 5) 羽賀清典：畜産環境対策大辞典，p. 479～508，(社)農山漁村文化協会，東京 (1995)
- 6) 大島 貢・望月克浩・小山 弘：大家畜用堆肥発酵促進微生物資材の検討，静岡畜試研報，**25**，33～54 (1999)
- 7) 古谷 修・古川智子・伊藤 稔：堆肥化過程における堆肥品温と堆肥腐熟度判定のための酸素消費量との関係，土肥誌，**74**，645～648 (2003)
- 8) 石橋 晃 (監修)：新編動物栄養試験法，p. 455～466，養賢堂，東京 (2001)
- 9) 藤田賢二：コンポスト化技術，p. 59～77，技報堂出版，東京 (1993)
- 10) 高橋満里子：腸内細菌学，光岡知足編，p. 251～255，朝倉書店，東京 (1990)
- 11) 山本朱美・伊藤 稔・古谷 修：豚糞尿混合物の pH，尿中窒素含量および脱臭資材の添加が *in vitro* アンモニア揮散量に及ぼす影響，日畜会報，**74**，369～373 (2003)



## 畜産環境技術研究所 所在地



### 財団法人 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所年報

第8号 (平成16年度)

平成17年7月25日発行

発行：財団法人 畜産環境整備機構

〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-19-13 (スピリットビル4階)

TEL 03-3459-6300/FAX 03-3459-6315

編集及び連絡先：財団法人 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所

〒961-8061 福島県西白河郡西郷村大字小田倉字小田倉原1

TEL 0248-25-7777(代)/FAX 0248-25-7540

メールアドレス：ilet@shirakawa.ne.jp

ホームページ：http://group.lin.go.jp/leio/index.html

印刷所：有限会社 野中印刷所

〒961-0916 福島県白河市東前町1-86

TEL 0248-22-5221(代)/FAX 0248-22-5222